

はじめに

1960年代から始まった量産型メカニカルオートメーションは、現在に至るまで自動車、電機などの加工組立産業において、工場の自動化、省力化の主流を占めている。

しかしその後、マイクロエレクトロニクスの急激な発展、社会環境の変化などにより、かつての大量生産から、多種少量生産の時代を迎えている。

複合NC工作機械であるマシニングセンタは、まさにこのような時代の要求に応えるものとして、その普及にはめざましいものがあり、機械加工を担当しようとする者にとって、マシニングセンタ加工は、避けて通れない分野となっている。

当教育センターでは、情報技術教育の一環としてマシニングセンタを導入し、先生方の研修、工業高校生徒を対象とした最新のCAD/CAM実習教材として活用され、教育効果をあげつつあり、今後の期待も強い。

マシニングセンタを使いこなすためには、まずソフトウェア作成、すなわちパートプログラミング技術を習得する必要がある。プログラミングの方法として、「手動言語によるプログラミング」と「自動言語によるプログラミング」があるが、マシニングセンタの機能をフルに引き出して、切削加工を行うためにも、またプログラミング効率の点からも後者の自動言語が優れている。

以上のような現状を踏まえ、マシニングセンタのソフトウェア作成を主な内容とする双書を発刊することにした。授業の副教材に、また先生方の教育センターにおける研修資料として活用頂ければ幸いである。なお、内容は、比較的複雑な形状加工を主体とした汎用自動NC言語APT (Automatically Programming Tools) を利用し、簡単で具体的な2次元加工の例題を通してパートプログラム作成法の理解をめざしている。まずAPTによる図形定義および運動命令文等のメインプロセッサ文について述べ、つぎにポストプロセッサ文の主なものにも触れた。後半には具体的なパートプログラム作成例を取り上げた。

本書を書くにあたって、NEC日本電気㈱作成の以下に示す(1)~(3)の説明書を参考にさせていただいた。

(1) 数値制御システム説明書<APT 80 / 2 D>

(2) " <APT 80 - 4 / 3 D>

(3) 数値制御システムポストプロセッサライブラリSLP説明書<APT 80 / SLP>

1. 図形定義

図面の定義とは、図面を構成している各要素つまり直線、円、交点などの座標位置や大きさ、長さを APT 言語の文法に従って正確に記述することである。APT で表現できる主な図形はつぎのとおりである。

- a. 点
- b. 直線
- c. 円
- d. 平面
- e. ベクトル
- f. 楕円
- g. 双曲線

以下、上記の各図形の定義法を説明する。定義命令中 { } は、その中から 1 つ選択することを意味する。

1.1 点の定義

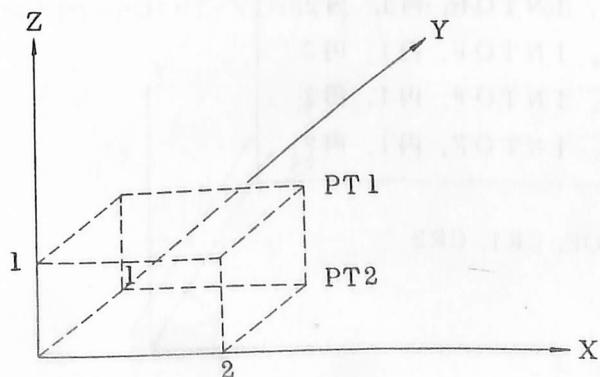
(1) 直交座標値による点の定義

$PT = POINT / X座標, Y座標, Z座標$
Z座標の指定が無ければ, $Z = 0$

あるいは、単に $PT = (X座標, Y座標, Z座標)$ としてもよい。

例 $PT1 = POINT / 2, 1, 1$

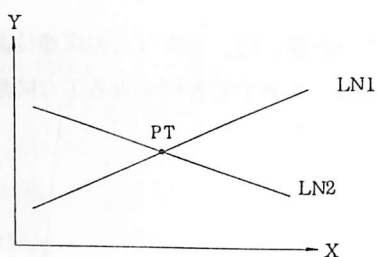
$PT2 = POINT / 2, 1$



(2) 2直線の交点の定義

$PT = POINT / INTOF, 直線1, 直線2$

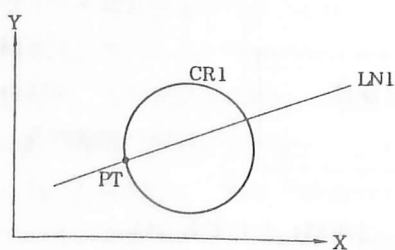
例 PT=POINT, LN1, LN2



(3) 直線と円との交点の定義

PT=POINT / XLARGE, INTOF, 直線, 円
 POINT / XSMALL, INTOF, 直線, 円
 POINT / YLARGE, INTOF, 直線, 円
 POINT / YSMALL, INTOF, 直線, 円

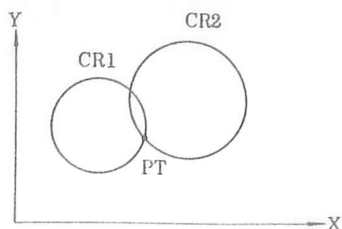
例 PT=POINT/YSMALL, INTOF, CR1



(4) 2円の交点の定義

PT=POINT / XLARGE, INTOF, 円1, 円2
 POINT / XSMALL, INTOF, 円1, 円2
 POINT / YLARGE, INTOF, 円1, 円2
 POINT / YSMALL, INTOF, 円1, 円2

例 PT=POINT/VSMALL, INTOF, CR1, CR2

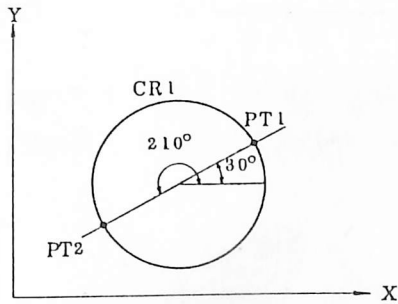


(5) 円とそれに交わる半径線のなす角度による点の定義

PT=POINT/円, ATANGL, 角度

例 PT1=POINT/CR1, ATANGL, 30

PT2=POINT/CR1, ATANGL, 210



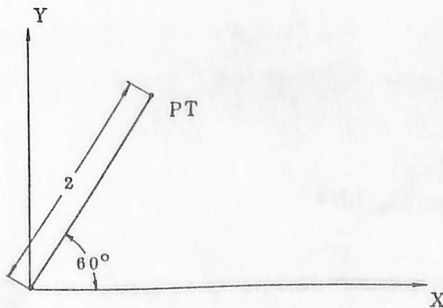
(6) 円の中心点の定義

PT=POINT/CENTER, CR1

(7) 極座標による点の定義

PT=POINT/RTHETA, XYPLAN, 動径, 角度
POINT/RTHETA, YZPLAN, 動径, 角度
POINT/RTHETA, ZXPLAN, 動径, 角度

例 PT=POINT/RTHETA, XYPLAN, 2, 60



1.2 直線の定義

図面を構成する要素として最も多いのが直線であり, APTで直線を定義する方法の主なものを以下, 例を示しながら説明する。

(1) 2点を通る直線の定義

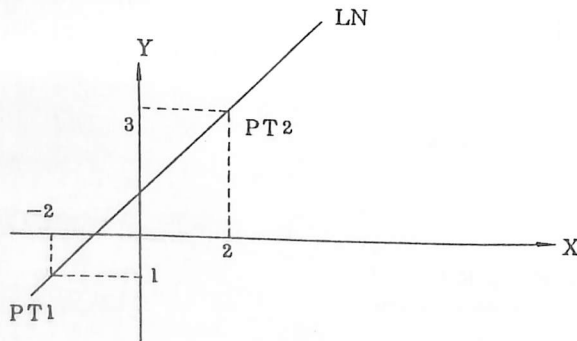
$LN = LINE / X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2$

Z座標の指定が無いときは, Z座標=0とみなす。

$LN = LINE / \text{点1}, \text{点2}$

例 $LN = LINE / -2, -1, 2, 3$

$LN = LINE / PT1, PT2$



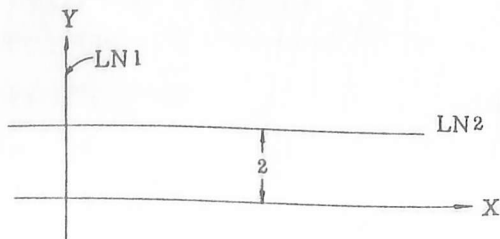
(2) 座標軸に平行な直線の定義

$LN = LINE / XAXIS, \text{座標軸との距離}$

$LINE / YAXIS, \text{座標軸との距離}$

例 $LN1 = LINE / YAXIS$

$LN2 = LINE / XAXIS, 2$

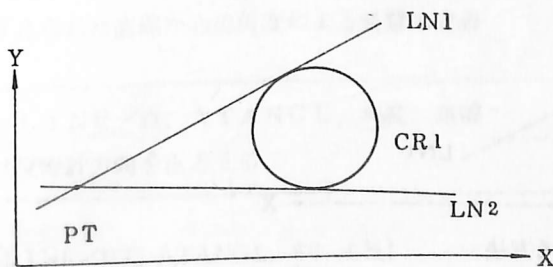


(3) 1点と接円による直線の定義

LN=LINE/点, LEFT, TANTO, 円
LINE/点, RIGHT TANTO, 円

LEFT, RIGHTは, 点側から見てどちらに接しているかを示す

例 LN1=LINE/PT, LEFT, TANTO, CR1
LN2=LINE/PT, RIGHT, TANTO, CR1

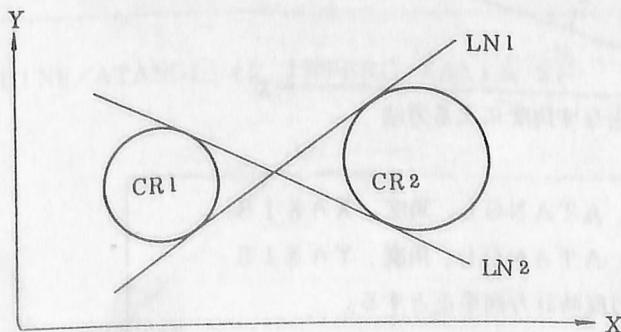


(4) 2円に接する直線の定義

LN=LINE/{ LEFT }, TANTO, 円1, { LEFT }, TANTO, 円2
LINE/{ RIGHT }, TANTO, 円1, { RIGHT }, TANTO, 円2

LEFT, RIGHTは, 円1から円2を見る方向を基準にして, 直線がどちら側に接するかを示す。

例 LN1=LINE/RIGHT, TANTO, CR1, LEFT, TANTO, CR2
LN2=LINE/LEFT, TANTO, CR1, RIGHT, TANTO, CR2



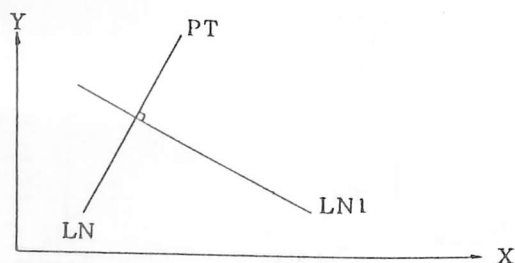
- (5) 1点を通り与えられた直線に平行な直線の定義

LN=LINE / 点, PARLEL, 直線

- (6) 1点を通り与えられた直線に垂直な直線

LN=LINE / 点, PERPTO, 直線

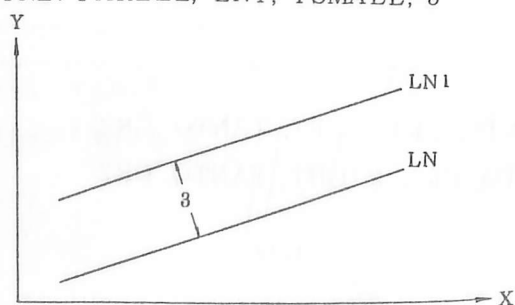
例 LN=LINE/PT, PERPTO, LN1



- (7) 平行線とそれからの距離による方法

LN=LINE / PARLEL, 直線, XLARGE, 距離
 LINE / PARLEL, 直線, XSMALL, 距離
 LINE / PARLEL, 直線, YLARGE, 距離
 LINE / PARLEL, 直線, YSMALL, 距離

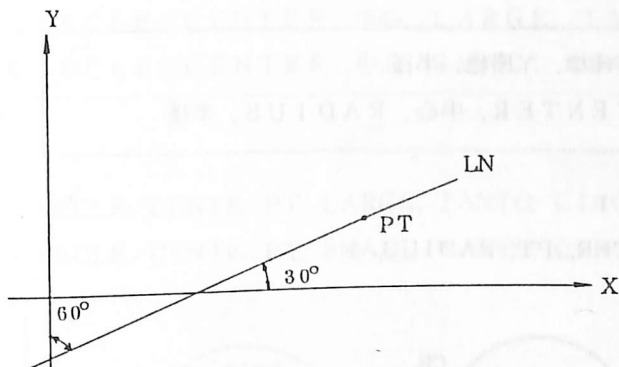
例 LN=LINE / PARLEL, LN1, YSMALL, 3



- (8) 1点とX軸またはY軸となす角度による方法

LN=LINE / 点, ATANGL, 角度, XAXIS
 LINE / 点, ATANGL, 角度, YAXIS
 角度はX軸, Y軸より反時計方向を正とする。

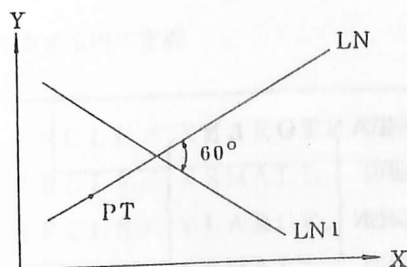
例 LN=LINE/PT, ATANGL, 30, XAXIS
 LN=LINE/PT, ATANGL, -60, YAXIS



(9) 1点と与えられた直線からの角度による直線の定義

LN=L I N E / 点, A T A N G L, 角度, 直線
 角度は反時計方向を正とする。

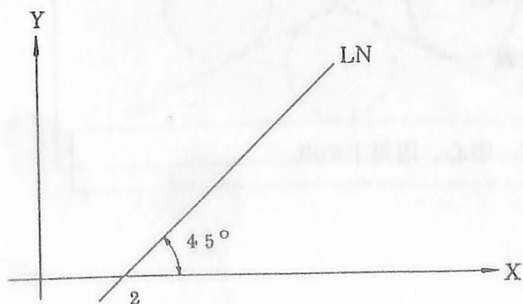
例 LN=LINE/PT, ATANGL, 60, LN1



(10) X軸となす角度とX切片またはY切片による直線の定義

LN=L I N E / A T A N G L, 角度, I N T E R C, X A X I S, 切片
 L I N E / A T A N G L, 角度, I N T E R C, Y A X I S, 切片

例 LN=LINE/ATANGL, 45, INTERC, XAXIS, 2



1.3 円の定義

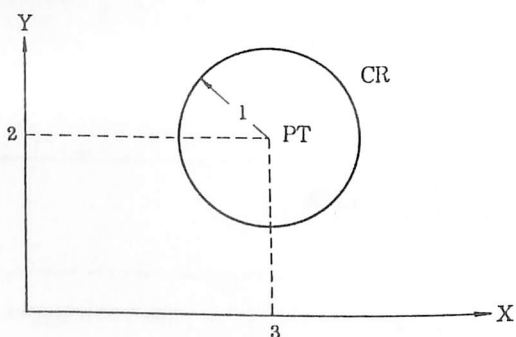
(1) 中心座標と半径による円の定義

$CR = CIRCLE / X座標, Y座標, 半径$

$CR = CIRCLE / CENTER, 中心, RADIUS, 半径$

例 $CR = CIRCLE / 3, 2, 1$

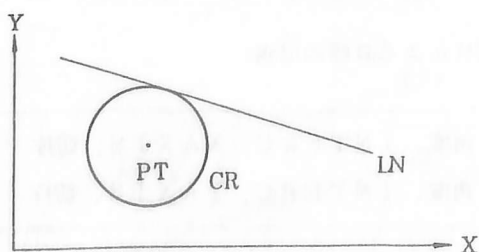
$CR = CIRCLE / CENTER, PT, RADIUS, 1$



(2) 中心と接線による円の定義

$CR = CIRCLE / CENTER, PT, TANTO, LN$

例 $CR = CIRCLE / CENTER, PT, TANTO, LN$



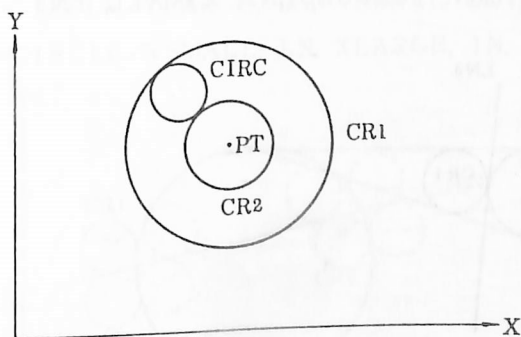
(3) 1点を中心とし他の1点を通る円の定義

$CR = CIRCLE / CENTER, 中心, 円周上の点$

(4) 1点を中心とし他の円に接する円の定義

CR=CIRCLE/CENTER, 中心, LARGE, TANTO, 接円
 CIRCLE/CENTER, 中心, SMALL, TANTO, 接円

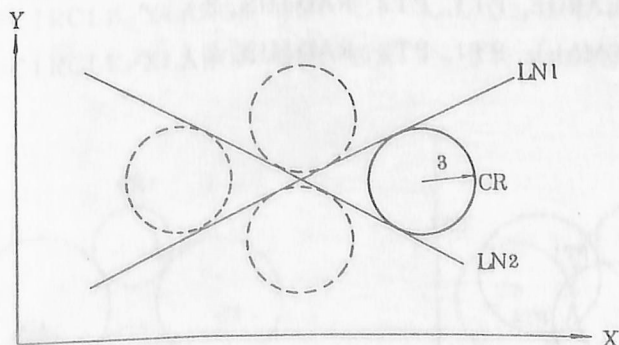
例 CR1=CIRCLE/CENTE, PT, LARGE, TANTO, CIRC
 CR2=CIRCLE/CENTE, PT, SMALL, TANTO, CIRC



(5) 2直線に接する円の定義

CR=CIRCLE/XLARGE, 切線1, XLARGE, 切線2, RADIUS, 半径
 CIRCLE/XSMALL, 切線1, XSMALL, 切線2, RADIUS, 半径
 CIRCLE/YLARGE, 切線1, YLARGE, 切線2, RADIUS, 半径
 CIRCLE/YSMALL, 切線1, YSMALL, 切線2, RADIUS, 半径

例 CR=CIRCLE/YSMALL, LN1, YLARGE, LN2, RADIUS, 3

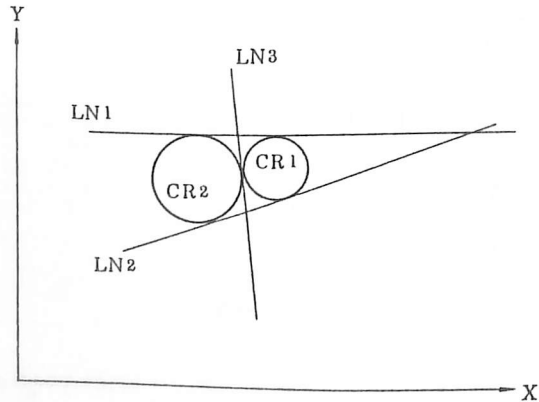


(6) 3直線に接する円の定義

| | | | | | | |
|------------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| CR=CIRCLE/ | XLARGE, | 直線1, | XLARGE, | 直線2, | XLARGE, | 直線3 |
| CIRCLE/ | XSMALL, | 直線1, | XSMALL, | 直線2, | XLARGE, | 直線3 |
| CIRCLE/ | YLARGE, | 直線1, | YLARGE, | 直線2, | XLARGE, | 直線3 |
| CIRCLE/ | YSMALL, | 直線1, | YSMALL, | 直線2, | XLARGE, | 直線3 |

例 CR1=CIRCLE/YLARGE, LN2, YSMALL, LN1, XLARGE, LN3

CR2=CIRCLE/YSMALL, LN1, YLARGE, LN2, XSMALL, LN3

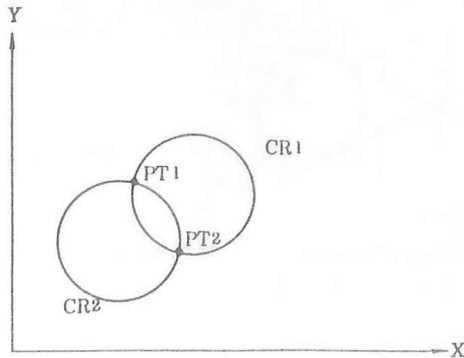


(7) 円周上の2点と半径による円の定義

| | | | |
|-------------------|---------|---------|----|
| CR=CIRCLE/XLARGE, | 点1, 点2, | RADIUS, | 半径 |
| CIRCLE/XSMALL, | 点1, 点2, | RADIUS, | 半径 |
| CIRCLE/YLARGE, | 点1, 点2, | RADIUS, | 半径 |
| CIRCLE/YSMALL, | 点1, 点2, | RADIUS, | 半径 |

例 CR1=CIRCLE/XLARGE, PT1, PT2, RADIUS, 2

CR2=CIRCLE/YSMALL, PT1, PT2, RADIUS, 2

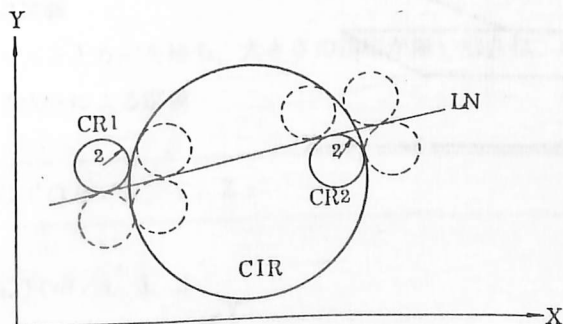


(8) 接線と接円と半径による円の定義

| | | | | | |
|------------|---------|-----|---------|--------|----------------|
| CR=CIRCLE/ | XLARGE, | 接線, | XLARGE, | { IN, | 接円, RADIUS, 半径 |
| CIRCLE/ | XSMALL, | 接線, | XSMALL, | { OUT, | 接円, RADIUS, 半径 |
| CIRCLE/ | YLARGE, | 接線, | YLARGE, | | 接円, RADIUS, 半径 |
| CIRCLE/ | YSMALL, | 接線, | YSMALL, | | 接円, RADIUS, 半径 |

IN, OUTは円の内側か外側かを指定する。

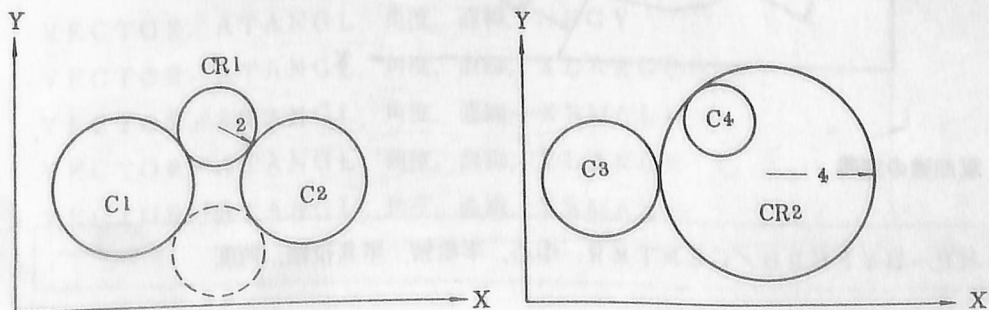
例 CR1=CIRCLE/YLARGE, LN, XSMALL, OUT, CIR, RADIUS, 2
 CR2=CIRCLE/YSMALL, LN, XLARGE, IN, CIR, RADIUS, 2



(9) 2円に接する円の定義

| | | | | | |
|------------|---------|--------|------|--------|-----------------|
| CR=CIRCLE/ | XLARGE, | { IN, | 接円1, | { IN, | 接円2, RADIUS, 半径 |
| | XSMALL | { OUT, | 接円1, | { OUT, | 接円2, RADIUS, 半径 |
| | YLARGE | | 接円1, | | 接円2, RADIUS, 半径 |
| | YSMALL | | 接円1, | | 接円2, RADIUS, 半径 |

例 CR1=CIRCLE/YLARGE, OUT, C1, OUT, C2, RADIUS, 2
 CR2=CIRCLE/XLARGE, OUT, C3, IN, C4, RADIUS, 4



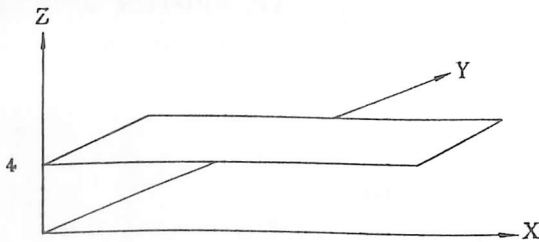
1.4 平面の定義

平面の定義の仕方には、いくつかの方法があるがここでは、平面の方程式の係数で定義する場合を示す。

$$aX + bY + cZ = d \quad (\text{平面の方程式})$$

$$PL = \text{PLANE} / a, b, c, d \quad (\text{平面の定義})$$

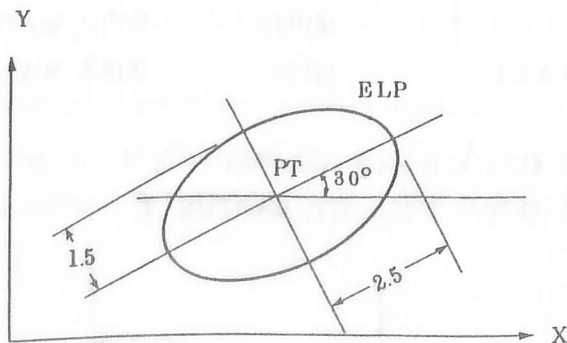
例 $PL = \text{PLANE} / 0, 0, 1, 4$



1.5 楕円の定義

$$EL = \text{ELLIPS} / \text{CENTER}, \text{中心}, \text{半長軸}, \text{半短軸}, \text{角度}$$

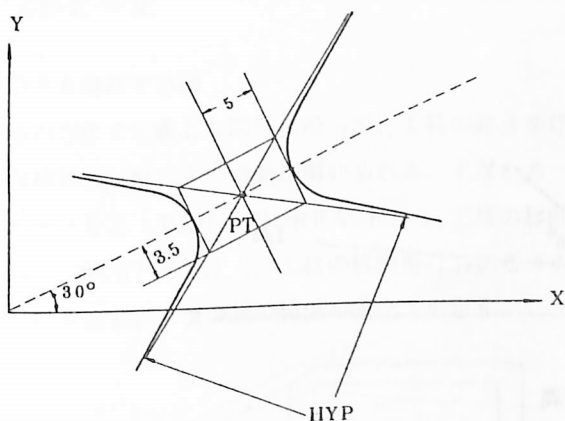
例 $ELP = \text{ELLIPS} / \text{CENTER}, \text{PT}, 2.5, 1.5, 30$



1.6 双曲線の定義

$$HP = \text{HYPERB} / \text{CENTER}, \text{中心}, \text{半横軸}, \text{半共役軸}, \text{角度}$$

例 HYP=HYPERB/CENTER, PT, 5, 3.5, 30



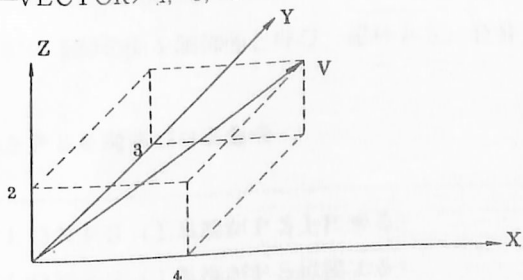
1.7 ベクトルの定義

ベクトルは、大きさと方向を持ち、大きさの指定が無い場合は、単位ベクトルを表す。

(1) X, Y, Z成分による定義

$$V = \text{VECTOR} / X, Y, Z$$

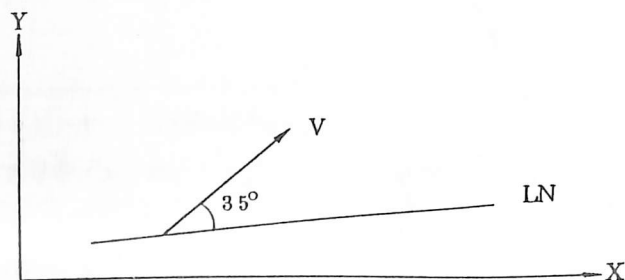
例 $V = \text{VECTOR} / 4, 3, 2$



(2) 直線と角度による定義

$V = \text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, POSX (正方向を示す)
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, POSY
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, NEGX (負方向を示す)
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, NEGY
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, XLARGE
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, XSMALL
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, YLARGE
 $\text{VECTOR} / \text{ATANGL}$, 角度, 直線, YSMALL

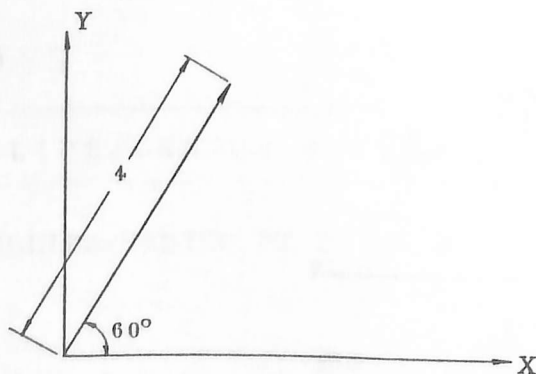
例 $V=VECTOR/ATANGL, 35, LN, POSX$



(3) 大きさと平面との角度による定義

$V=VECTOR/LENGTH$, 大きさ, $ATANGL$, 角度, $XYPLAN$
 $VECTOR/LENGTH$, 大きさ, $ATANGL$, 角度, $YZPLAN$
 $VECTOR/LENGTH$, 大きさ, $ATANGL$, 角度, $ZXPLAN$

例 $V=VECTOR/LENGTH, 4, ATANGL, 60, XYPLA$



2. 工具の運動命令文

2.1 工具の動きを規制する面

切削は、前章の方法で定義した図形に沿って、工具の動きを指定することにより、実行する。工具の動きを決めるために、一般に3つの面が用いられる。すなわち、工具が連続運動中常に接している「パートサーフェース（PS：PART SURFACE）」、工具の移動を規制する「ドライブサーフェース（DS：DRIVE SURFACE）」、工具の移動を打ち切る「チェックサーフェース（CS：CHECK SURFACE）」である。3つの面の関係を図2.1に示す。

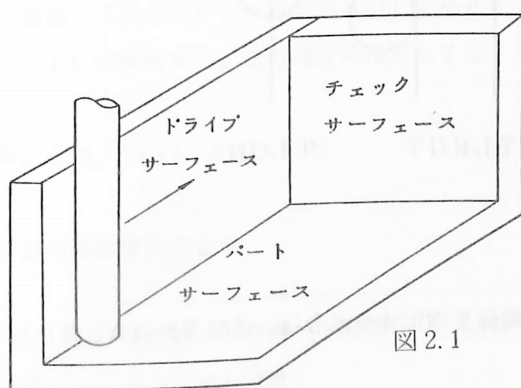


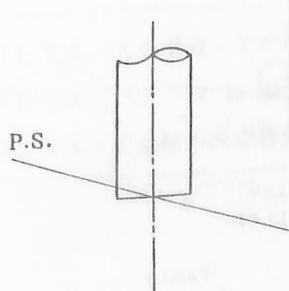
図 2.1

以後、上記の3つの面を制御面と呼び、記号PS、DS、CSで表すことにする。

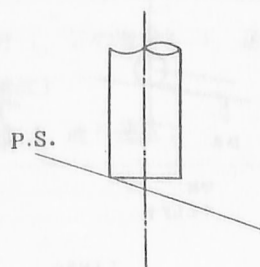
2.2 工具とPSを関係づける命令

T L O N P S (工具端がPS上に来る)

T L O F P S (工具端がPSに接する)



T L O N P S



T L O F P S

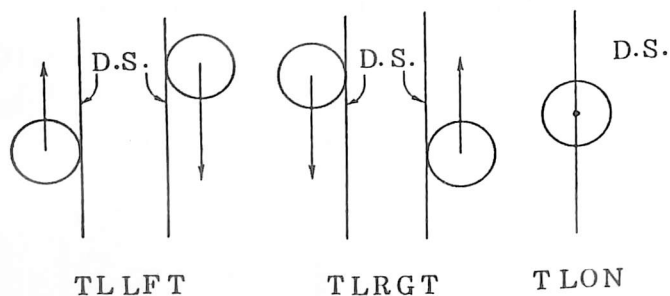
2.3 工具とDSを関係づける命令

ドライブサーフェースに対して、工具のオフセット方向を、指定する命令として、つぎの3つがある。

TLLFT (DSの進行方向左側へオフセットする)

TLRGT (DSの進行方向右側へオフセットする)

TLON (工具先端をDSに乗せる)



2.4 工具とCSを関係づける命令

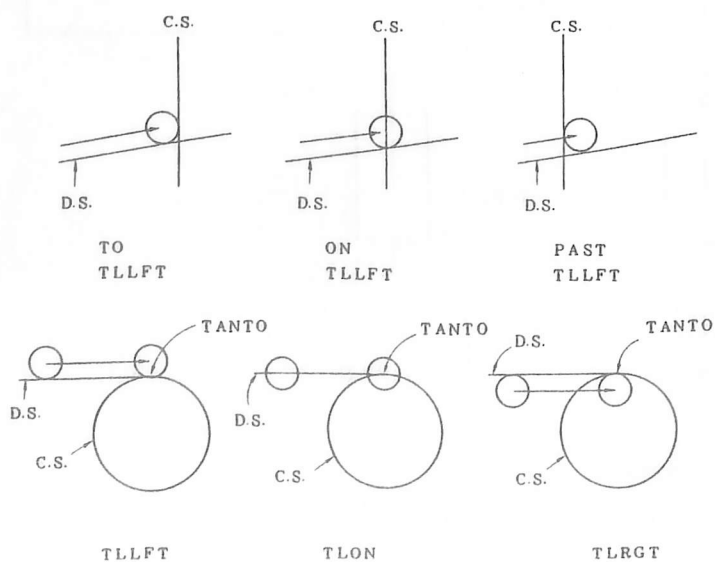
工具とチェッカーフェースの間の位置関係を指定する命令は、連続運動命令と共に用いられ、つぎの4つがある。

TO (CSの手前まで)

ON (CSの上まで)

PAST (CSの向こう側まで)

TANTO (DSとCSの接点の位置まで)



2.5 位置決め命令

2.5.1 工具のスタート位置の指定

FROM / X座標, Y座標, Z座標, [送り速度]
FROM / 点指定, [送り速度]

座標値は、工具の初期位置（機械原点）から、ワーク原点までのX, Y, Z方向の距離の絶対値で指令する。この位置は、工具のスタート点であり、この命令によって、工具は機械原点からワーク原点（FROMポイント）に移動する。送り速度の指定もすることができる。

例 FROM / 275, 113.5, 470, 600

2.5.2 指定の点への位置決め命令

GO TO / X座標, Y座標 [Z座標] [, 送り速度]
GO TO / 点 [, 送り速度]
工具の先端が位置決めされる。

例 GO TO / 100, 110, 200, 250
GO TO / PT

2.5.3 現在の位置からインクリメンタルな位置決め命令

GODLTA / Xの増分, Yの増分 [, Zの増分] [, 送り速度]
GODLTA / ベクトル [, 送り速度]
GODLTA / 工具軸方向の移動量 [, 送り速度]

2.6 連続切削を始めるときの起動命令

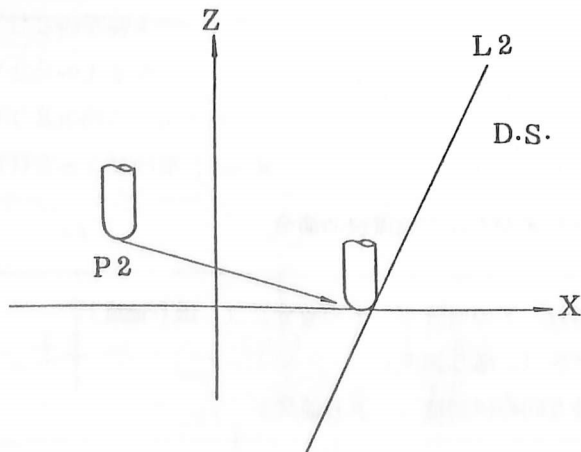
定義されたパート図形の面によって、工具を移動する指令を連続切削命令と呼ぶ。連続切削を行う前に、工具を切削の開始位置まで運んでおく必要がある。このような指令を起動命令（GO文）と呼ぶ。つぎに、起動命令を記す。

2.6.1 1面制御のGO文

GO/TO, ドライブサーフェース [, 送り速度]
GO/ON, ドライブサーフェース [, 送り速度]
GO/PAST, ドライブサーフェース [, 送り速度]

この文以前まで有効であったPSに対してTOの処理を行い、DSに対して最端距離に移動する。

例 FROM/P2
GO/TO, L2



2.6.2 2面制御のGO文

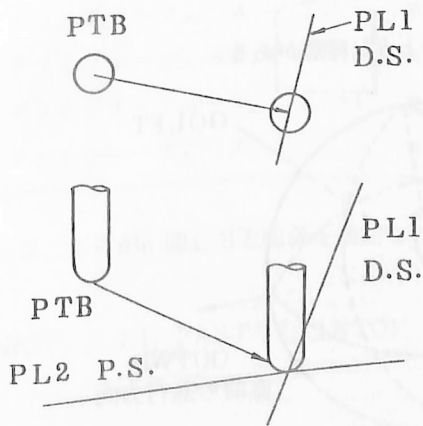
GO / TO , ドライブサーフェース, TO , パートサーフェース [, 送り速度]
 GO / { ON , } ドライブサーフェース, { ON , } パートサーフェース [, 送り速度]
 GO / PAST, ドライブサーフェース, PAST, パートサーフェース [, 送り速度]

方向指示指令が無ければ、工具は、DSに対して最短距離で移動する。

ここで指定されたパートサーフェースは、以後の連続切削のPSとなる。

例 FROM / PTB

GO / ON, PL1, ON, PL2



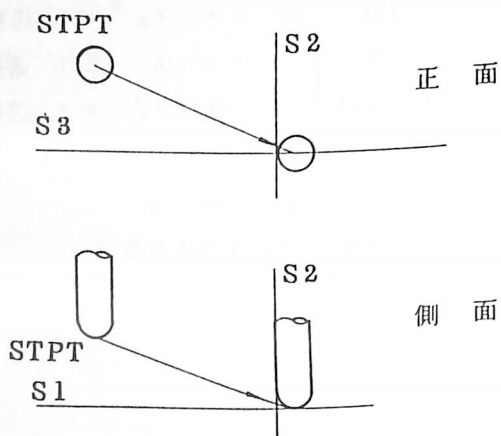
2.6.3 3面制御のGO文

GO / TO , ドライブサーフェース, TO , パートサーフェース, TO , チェックサーフェース [, 送り速度]
 GO / { ON , } ドライブサーフェース, { ON , } パートサーフェース, { ON , } チェックサーフェース [, 送り速度]
 GO / PAST, ドライブサーフェース, PAST, パートサーフェース, PAST, チェックサーフェース [, 送り速度]

方向指示が無ければ、すべての関係を満たす最短経路で移動する。ここでのパートサーフェースは、以後のPSとなる。

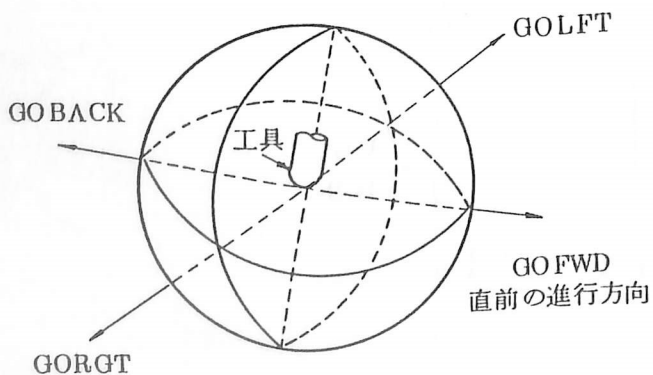
例 FROM / STPT

GO / S1, PAST, S2, ON, S3



2.7 連続切削運動命令

切削運動の方向を示す命令には、つぎのような種類がある。



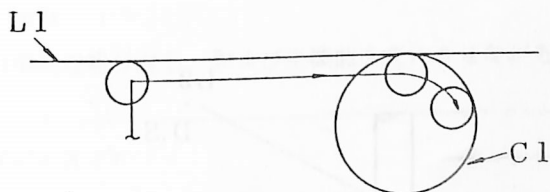
2.7.1 一般的動作命令

| | | | |
|---|---------------|---|--------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} \text{GORGT} \\ \text{GOLFT} \\ \text{GOFWD} \\ \text{GOBACK} \end{array} \right\}$ | / ドライブサーフェース, | $\left\{ \begin{array}{l} \text{TO} \\ \text{ON} \\ \text{PAST} \\ \text{TANTO} \end{array} \right\}$ | , チェックサーフェース |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

- (条件) ①工具の形状指定 (CUTTER文) がされていること
 ②直前の方向が確立されていること
 ③PSの定義がされていること

この命令には、工具とDSの関係を示す命令を同時に指定できる。

例 TLRGT, GORGT/L1, TANTO, C1



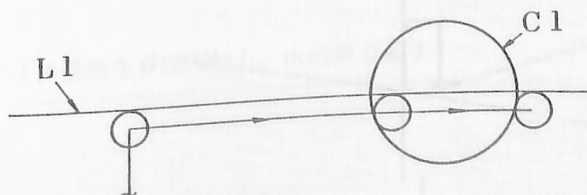
2.7.2 多交運動動作

| | | |
|---|---|------------------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} \text{GORGT} \\ \text{GOLFT} \\ \text{GOFWD} \\ \text{GOBACK} \end{array} \right\}$ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{TO} \\ \text{ON} \\ \text{PAST} \end{array} \right\}$ | , n, INTOF, チェックサーフェース |
| | | , n, INTOF, チェックサーフェース |
| | | , n, INTOF, チェックサーフェース |
| | | n, INTOF, チェックサーフェース |

$\left\{ \begin{array}{l} \text{GORGT} \\ \text{GOLFT} \\ \text{GOFWD} \\ \text{GOBACK} \end{array} \right\}$ / ドライブサーフェース,

この命令の意味は、工具がn回CSと関係を満足して、終了するということである。

例 TLRGT, GORGT / L1, PAST, 2, INTOF, C1

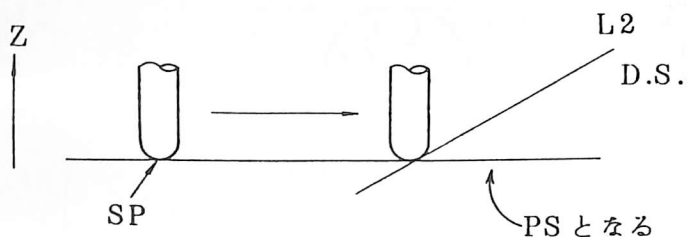


2.8 パートサーフェースの設定命令

AUTOPS

AUTOPS 命令によって工具軸の先端を通るXY平面に平行な面が自動的にPSとなる。

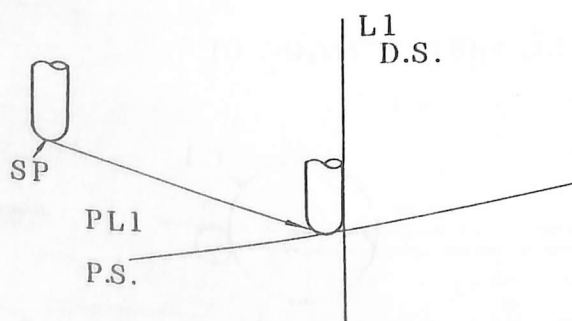
例 FROM/SP
AUTOPS
GO/TO, L2



PSIS /サーフェースシンボル

PSIS 命令により, PSとして利用する面を指定する。

例 FROM/SP
PSIS/PL1
GO/TO, L1



3. 特別命令

3.1 演算命令

つぎのような演算ができる。

加算 (+) 減算 (-) 乗算 (*) 除算 (/) べき乗 (**)

例 $X=A+B \times 2$

3.2 コピー命令

工具経路の単純な繰り返し、および座標値を変化させながら繰り返す機能である。

INDEX /n

}

(動作命令文)

}

COPY /n, 座標変換命令, 実行回数

INDEX /n から COPY /n, までの工具経路の座標を計算しながら繰り返す。

COPY命令には、次のような形式がある。

COPY /n, TRANSL, X, Y, Z, m

現在の工具経路をX, Y, Zだけ平行移動し、これをm回繰り返す。

COPY /n, XYROT, θ , m

現在の工具経路を θ 度回転し、m回繰り返す。

例 1

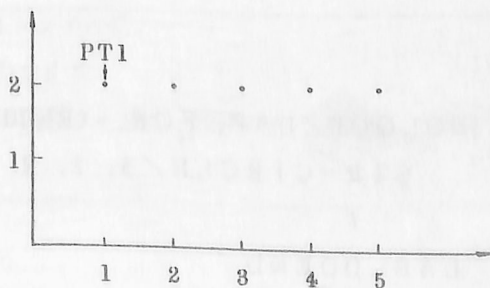
INDEX /1

GOTO /PT1

GODLTA /0, 0, -1

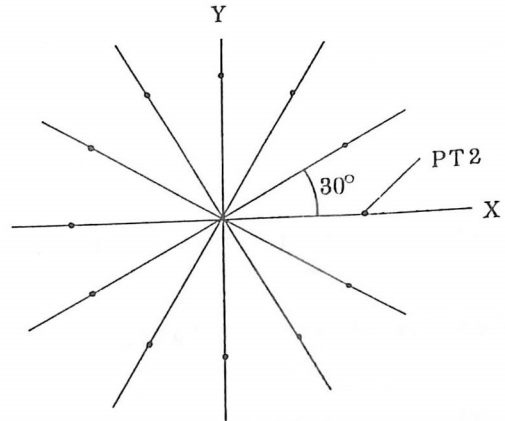
GODLTA /0, 0, 1

COPY /1, TRANSL, 1, 0, 0, 4



例 2

```
INDEX/2
GOTO/PT2
GODLTA/0, 0, -0.5
GODLTA/0, 0, 0.5
COPY/2, XYROT, 30, 11
```



3.3 ループ命令

DOLOOPとDOEND文によって挟まれた部分をパラメータを変更しながら繰り返す機能である。

```
DOLOOP/ラベル, FOR, (初期値), THRU, 終値, INCR, 増分
{
  繰り返す文の集合
}
ラベル) DOEND
```

例

```
DOLOOP/LAB, FOR, (R=10), THRU, 100, INCR, 10
  CIR=CIRCLE/3, 2, R
{
  LAB) DOEND
```

3.4 飛越命令

パートプログラムのある行に分岐させるとき用いる命令であり、JUMPTOとTRANTO文がある。これらは、全く同じ機能を持つ。

無条件飛越の形式

JUMPTO / ラベル名

TRANTO / ラベル名

計算型飛越の形式

JUMPTO / ラベル1, ラベル2,, 計算式

計算式の値が1ならラベル1, 2ならラベル2へ実行が移る。

3.5 条件判定命令

一般形

IF (式) ラベル1, ラベル2, ラベル3

式の値負のとき, ラベル1に分岐

式の値0のとき, ラベル2に分岐

式の値正のとき, ラベル3に分岐

3.6 配列の宣言命令

添え字付きシンボルを用いるとき, 配列を確保しておく。

RESERV / a1, n1, a2, n2

a1, a2, . . . 添え字が付けられるシンボル名

n1, n2, . . . 各シンボルの配列のサイズ

1つの添え字付きシンボルに割り当てられる図形タイプは, 最初のタイプと同じものであること

3.7 マクロ命令

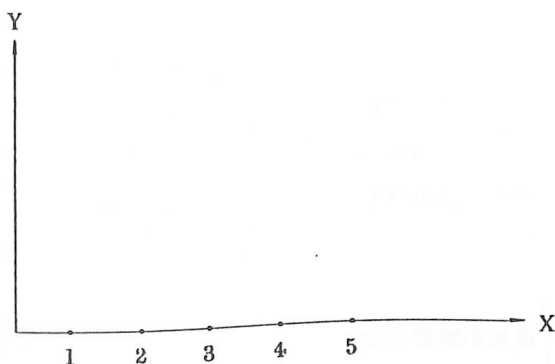
プログラムのある部分を、何度も使いたいとき、その部分をマクロとして定義しておけば、プログラムを簡単にすることができる。

```
マクロ名=MACRO/パラメータ
{
マクロプログラムの内容記述（マクロ領域）
}
TERMAC
```

マクロはMACRO文で始まり、TERMA文で終わる。マクロは、CALL文で呼び出される

例

```
HOLE=MACRO/X
GOTO/X, 1, 0
GODLTA/0, 0, -1
GODLTA/0, 0, 1
TERMAC
.
.
.
CALL/HALL, X=1
CALL/HALL, X=1.5
```



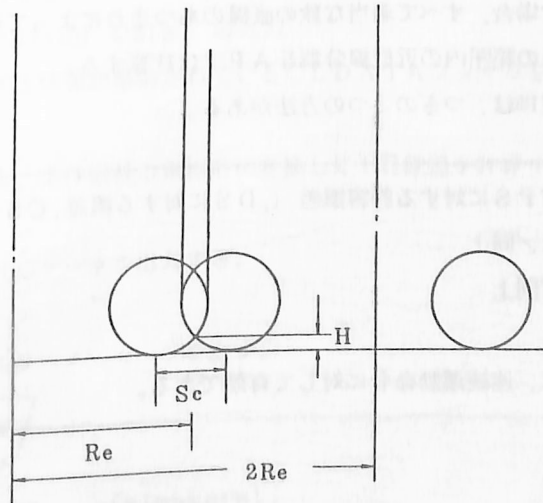
3.8 ポケット命令

ポケットは、多角形の頂点の座標を与えて、その多角形の内部をくり抜く命令である。工具を多角形の中心に移動させ、POCKET文を起動すると、中心から外側に向かって自動切削をする。

POCKET/Re, c, f, F1, F2, F3, g, p, PT1, PT3, ……PT20

Re : 有効工具半径 $Re = \sqrt{R^2 - (R - H)^2} + (D/2 - R)$

ここで、Rは工具半径、Hはスカロップの高さ、 $D = 2R$



c : ポケットにおけるステップオーバー値

f : 最終切削におけるテップオーバー値

F1 : ポケットに入る送り速度

F2 : ポケットにおける切削速度

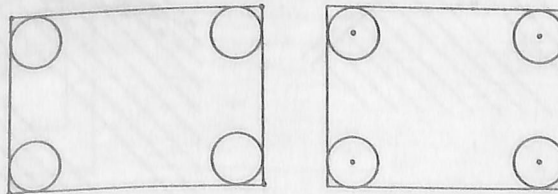
F3 : 最終切削時の送り速度

g : 角が小さすぎる場合の非切削部分をチェックするとき 0 を指定、必要の無いときは 1

p : ポケットの最終切削における工具の中心を 0, 1 で表示

p = 0 (又は 2) : 最終工具経路を意味する。

p = 1 (又は 3) : ポケットの境界を意味する。



P O C K E T使用における制限事項は、つぎのとおりである。

- (1) 与える頂点の数は、20個までである。
- (2) 点の二重指定はできない。
- (3) ポケットの辺は、凸多角形でなければならない。
- (4) 点は、同一平面上にあること。

4. 許容誤差範囲の指定命令

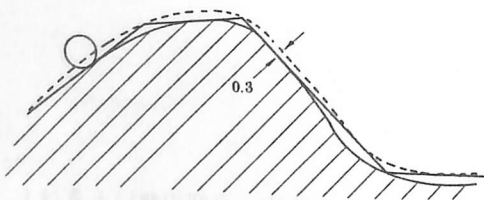
A P Tで曲線を表す場合、すべて適当な数の直線のあつまりによって近似している。許容誤差範囲を与えることにより、その範囲内の近似線分群をA P Tは計算する。

許容誤差範囲の指定には、つぎの3つの方法がある。

T O L E R / P Sに対する許容誤差 [, D Sに対する誤差 , C Sに対する誤差]
O U T T O L / 同上
I N T O L / 同上

これらの文は、連続運動命令に対して有効である。

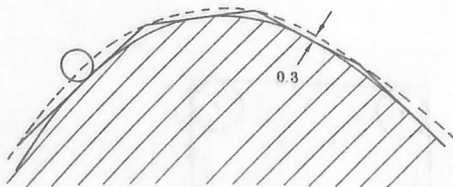
例 T O L E R / 0.3



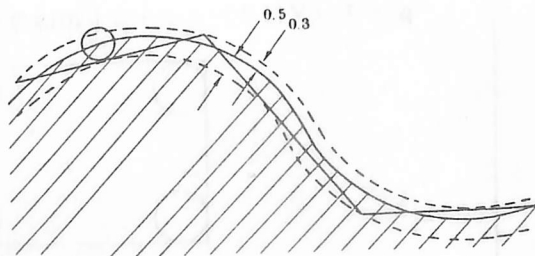
例 O U T T O L / 0.3



例 I N T O L / 0.3



例 I N T O L / 0.5
O U T T O L / 0.3



5. ポストプロセッサ

ポストプロセッサは、APTシステム（メインプロセッサ）の出力である工具経路及び加工情報を入力して、それぞれのNC機械系に適合した命令コードに変換してNCデータを作成する機能を持っている。

つぎの理由により、NC機械の命令コードは異なるのが一般的である。

- (1) NC装置のメーカ及び機種の違い
- (2) 工作機械のメーカ及び機種の違い

ポストプロセッサの主な機能をまとめると、はつぎのとおりである。

- (1) CLDATA（Cutter Location Data）の入力

APTシステムの出力である加工情報が格納されているCLDATAファイルを読む。

- (2) 座標計算

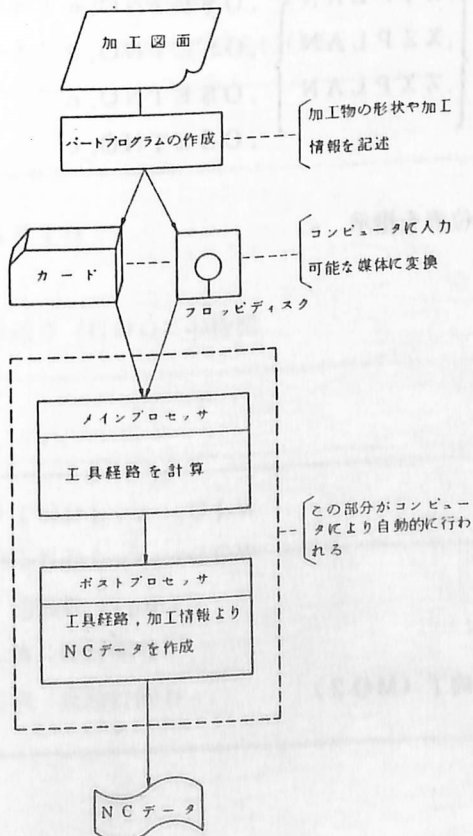
パートプログラム上の座標系を、工作機械の座標系に変換して工具経路を計算する。

- (3) NCデータの編集、出力

NC機械系の仕様にあわせてNCデータを出力する。

- (4) エラー情報出力

加工情報に誤りがある場合、エラーメッセージを出す。



5.1 主なポストプロセッサ文

(1) COOLNT/ON
COOLNT/OFF

切削液の供給を制御する機能の出力を指示する。

(2) CUTCOM/ON ,LENGTH ,OSETNO, a
CUTCOM/OFF

ON : 工具補正情報の出力を指示

OFF : 最後のCUTCOM指令の解除を指示

LENGTH, a : 工具長の補正番号

(3) CUTCOM/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{RIGHT} \\ \text{LEFT} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{,XYPLAN} \\ \text{,XZPLAN} \\ \text{,ZXPLAN} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{,OSETNO,e} \\ \text{,OSETNO,e} \\ \text{,OSETNO,e} \\ \text{,OSETNO,e} \end{array} \right.$

RIGHT : 部品に対する工具の位置を指示

LEFT

XYPLAN : 補正平面の指定

XZPLAN

ZXPLAN

(4) END

パートプログラムの論理的つながりの終了 (MO2)

(5) FEDRAT/a

a : 送り速度

送り速度を指定する。

(6) INSERT/' 文字列* '

指定した文字列をNCテープに直接出力する。この文で出力したNCデータはポストプロセッサの処理に影響しない。

(7) PARTNO 文字列

パートプログラムに名前を付ける。

(8) RAPID

工具の早送り (GOO) の指定

(9) SPINDL/a ,CLW

SPINDL/a ,CCW

a : 回転数 (rpm)

CLW : 時計回り

CCW : 反時計回り

(10) SPINDL/ON
SPINDL/OFF

ON : 主軸回転を有効にする。

OFF : 主軸を停止する。

(11) CYCLE/作業, 深さ, 送り速度, クリアランス

固定サイクルの指定を行う。

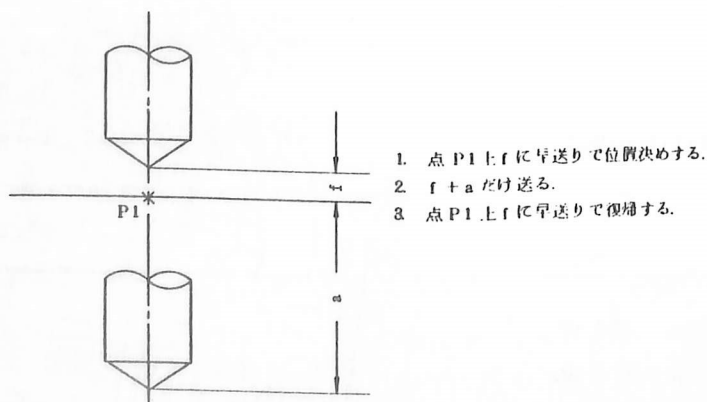
ここで, 作業は, 固定サイクルのタイプを指定し, その主なものとして, DRILL, FACE, TAP, REAMなどがある。

深さは, 加工サイクルの行われる点からの主軸に沿った距離である。

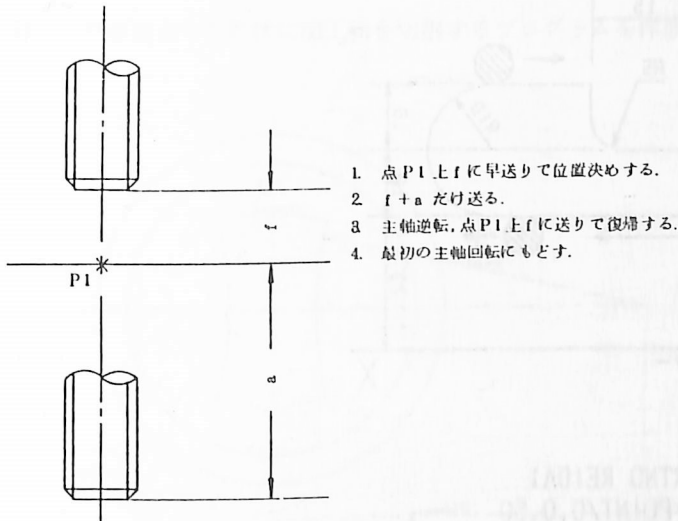
クリアランスは, 工具が早送りで最初に位置付けられる点上の距離を指定する。

例 CYCLE/DRILL, a, MMPM, b, f

送りの単位 (mm/min)



例 CYCLE /TAP, a, MMPM, b, f

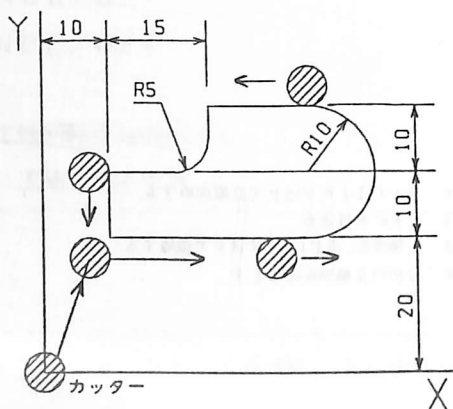


6. パートプログラムの作成

6.1 パートプログラムの作成手順

A P Tによるプログラム作成は、一般につきのような手順で行う。

- ① 図形の定義 工具の動きを制御する図形に名前を付け、正確に定義する。
- ② 加工仕様の決定 工具の径, 外部許容誤差, 主軸回転数, 送り速度, 冷却液などを指定する。
- ③ 工具の初期位置指定 工具のスタート位置を定義する。
- ④ 初期起動指令 切削のまえに, 工具を切削開始位置まで運ぶ指令である。
- ⑤ 連続運動指令 定義してある面に対して, 連続的な切削順序を与える。運動を制御するドライバサーフェース, パートサーフェース及び運動を阻止するチェックサーフェースで運動が決定される。
- ⑥ 終了指令



```

PARTNO REIDAI
PT=POINT/0,0,50
L1=LINE/XAXIS,20
L2=LINE/XAXIS,40
L3=LINE/YAXIS,25
L4=LINE/XAXIS,30
L5=LINE/YAXIS,10
C1=CIRCLE/40,30,10
C2=CIRCLE/20,35,5
PL=PLANE/0,0,1,10
TOLER/0.1
CUTTER/10
SPINDL/650,CLW
FEDRAT/500
FROM/PT
GO/L1,PL,L5
GORG/L1,TANTO,C1
GOFWD/C1,TANTO,L2
GOFWD/L2,PAST,L3
GOLFT/L3,TANTO,C2
GOFWD/C2,TANTO,L4
GOFWD/L4,PAST,L5
GOLFT/L5,PAST,L1
GOTO/PT
SPINDL/OFF
FINI
  
```

①

②

③

④

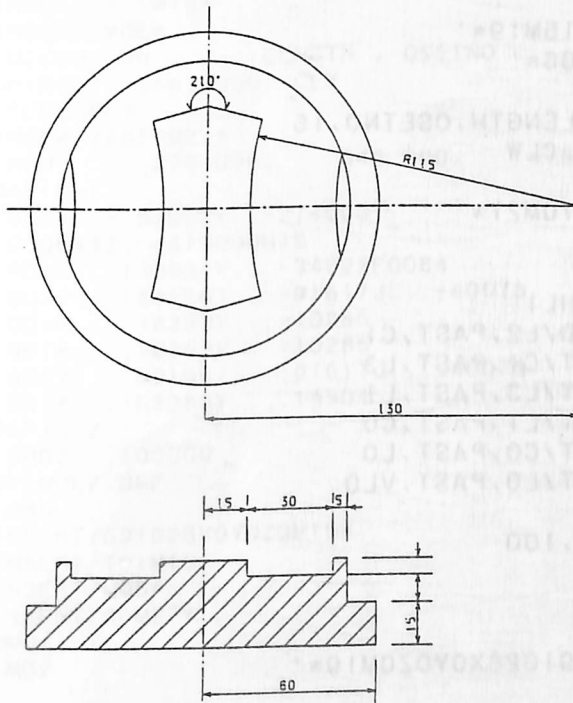
⑤

⑥

(APTプログラム の例)

6.2 プログラムの具体例

例題 1 つぎのような形状に加工物を切削するプログラムを作成する。



(1) パートプログラム

```

1.  PARTNO AP01
2.  ¥¥
3.  ¥¥ CLPRNT
4.  ¥¥
5.  RP=POINT/275,349,470.5
6.  P1=POINT/130,0
7.  P2=POINT/-130,0
8.  L0=LINE/P1,ATANGL,165,XAXIS
9.  L1=LINE/P1,ATANGL,195,XAXIS
10. L2=LINE/P2,ATANGL,15,XAXIS
11. L3=LINE/P2,ATANGL,345,XAXIS
12. VLO=LINE/YAXIS
13. HL1=LINE/XAXIS,60
14. CO=CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS,115
15. C1=CIRCLE/CENTER,P2,RADIUS,115
16. PL1=PLANE/0,0,1,-2.5
17. ¥¥
    
```


(10) SPINDL/ON
SPINDL/OFF

ON : 主軸回転を有効にする。

OFF : 主軸を停止する。

(11) CYCLE / 作業, 深さ, 送り速度, クリアランス

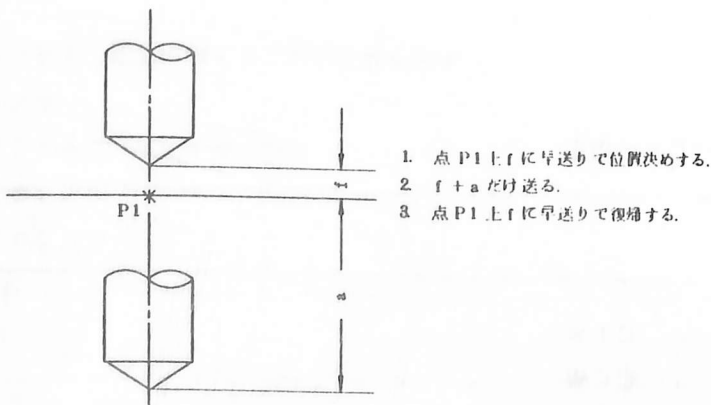
固定サイクルの指定を行う。

ここで, 作業は, 固定サイクルのタイプを指定し, その主なものとして, DRILL, FACE, TAP, REAMなどがある。

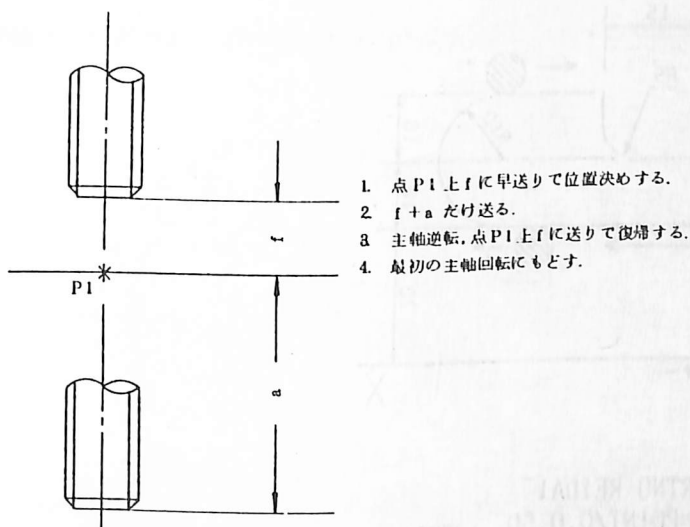
深さは, 加工サイクルの行われる点からの主軸に沿った距離である。

クリアランスは, 工具が早送りで最初に位置付けられる点上の距離を指定する。

例 CYCLE/DRILL, a, $\overset{\text{送りの単位 (mm/min)}}{\text{MMPM}}, b, f$



例 CYCLE/TAP, a, MMPM, b, f

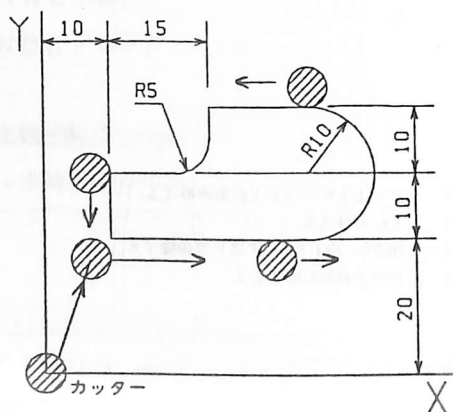


6. パートプログラムの作成

6.1 パートプログラムの作成手順

A P Tによるプログラム作成は、一般につぎのような手順で行う。

- ① 図形の定義 工具の動きを制御する図形に名前を付け、正確に定義する。
- ② 加工仕様の決定 工具の径、外部許容誤差、主軸回転数、送り速度、冷却液などを指定する。
- ③ 工具の初期位置指定 工具のスタート位置を定義する。
- ④ 初期起動指令 切削のまえに、工具を切削開始位置まで運ぶ指令である。
- ⑤ 連続運動指令 定義してある面に対して、連続的な切削順序を与える。運動を制御するドライバサーフェース、パートサーフェース及び運動を阻止するチェックサーフェースで運動が決定される。
- ⑥ 終了指令



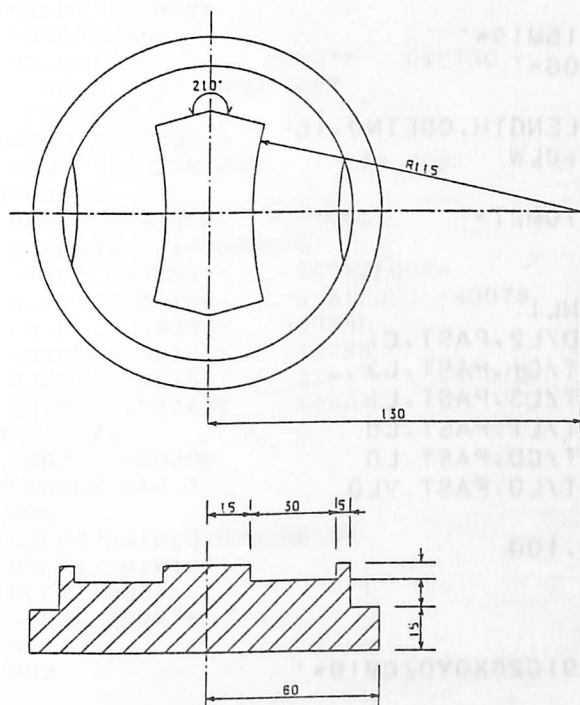
```

PARTNO REIDAI
PT=POINT/0,0,50
L1=LINE/XAXIS,20
L2=LINE/XAXIS,40
L3=LINE/YAXIS,25
L4=LINE/XAXIS,30
L5=LINE/YAXIS,10
C1=CIRCLE/40,30,10
C2=CIRCLE/20,35,5
PL=PLANE/0,0,1,10
TOLER/0.1
CUTTER/10
SPINDL/650,CLW
FEDRAT/500
FROM/PT
GO/L1,PL,L5
GORG/L1,TANTO,C1
GOFWD/C1,TANTO,L2
GOFWD/L2,PAST,L3
GOLFT/L3,TANTO,C2
GOFWD/C2,TANTO,L4
GOFWD/L4,PAST,L5
GOLFT/L5,PAST,L1
GOTO/PT
SPINDL/OFF
FINI
  
```

(APTプログラム の例)

6.2 プログラムの具体例

例題 1 つぎのような形状に加工物を切削するプログラムを作成する。



(1) パートプログラム

```

1.  ISN
2.  PARTNO AP01
3.  ¥¥
4.  ¥¥ CLPRNT
5.  RP=POINT/275,349,470.5
6.  P1=POINT/130,0
7.  P2=POINT/-130,0
8.  L0=LINE/P1,ATANGL,165,XAXIS
9.  L1=LINE/P1,ATANGL,195,XAXIS
10. L2=LINE/P2,ATANGL,15,XAXIS
11. L3=LINE/P2,ATANGL,345,XAXIS
12. VLO=LINE/YAXIS
13. HL1=LINE/XAXIS,60
14. CO=CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS,115
15. C1=CIRCLE/CENTER,P2,RADIUS,115
16. PL1=PLANE/0,0,1,-2.5
17. ¥¥

```

```

18. PRINT/3,ALL
19. TOLER/0.1
20. CUTTER/30
21. FEDRAT/84
22. CALL/T15
22. T15=MACRO
23. INSERT /'T15M19*'
24. INSERT /'M06*'
25. TERMAC
26. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,15
27. SPINDL/530,CLW
28. ¥¥
29. INSERT/'B270M27*'
30. FROM/RP
31. RAPID
32. GO/L2,PL1,HL1
33. TLRGT,GOFWD/L2,PAST,C1
34. TLRGT,GOLFT/C1,PAST,L3
35. TLRGT,GOLFT/L3,PAST,L1
36. TLRGT,GOLFT/L1,PAST,C0
37. TLRGT,GOLFT/C0,PAST,L0
38. TLRGT,GOLFT/L0,PAST,VLO
39. RAPID
40. GODLTA/0,0,100
41. SPINDL/OFF
42. CALL/HOME
42. HOME=MACRO
43. INSERT /'G91G28X0Y0Z0M19*'
44. TERMAC
45. CALL/T01
45. T01=MACRO
46. INSERT /'T01M19*'

47. INSERT /'M06*'
48. TERMAC
49. INSERT/'B0M27*'
50. END
51. FINI

```

(2) 出力されたプロセスシート

```

ISN BLCK
0000 0001 G91
0001 PARTNO/AP01
0021 FEDRAT/ 84.0000
0023 INSERT/TI5M19*
0024 INSERT/M06*
0026 CUTCOM/ ON , LENGTH , OSETNO , 15.0000
0027 SPINDL/ 530.0000, CLW
0027 0002 S0530M03
0029 INSERT/B270M27*
FROM 275.000, 349.000, 470.500,
0031 RAPID /
0032 0003 G00X...-183052Y...-274000
0032 0004 G00G43Z...-473000H15
0033 0005 G01X...-130331Y...-34922F0084
0034 0006 G02Y...-80156I...-91617J...-40078
0035 0007 G01X...38383Y...-10285
0036 0008 G01X...38383Y...10285
0037 0009 G02Y...80156I...91617J....40078
0038 0010 G01X...-53383Y....14304
0039 RAPID /
0040 0011 G00Z...100000
0041 SPINDL/ OFF
0041 0012 M05
0043 INSERT/G91G28X0Y0Z0M19*
0046 INSERT/TO1M19*
0047 INSERT/M06*
0049 INSERT/B0M27*
0050 END /
0050 0013 M02
¥

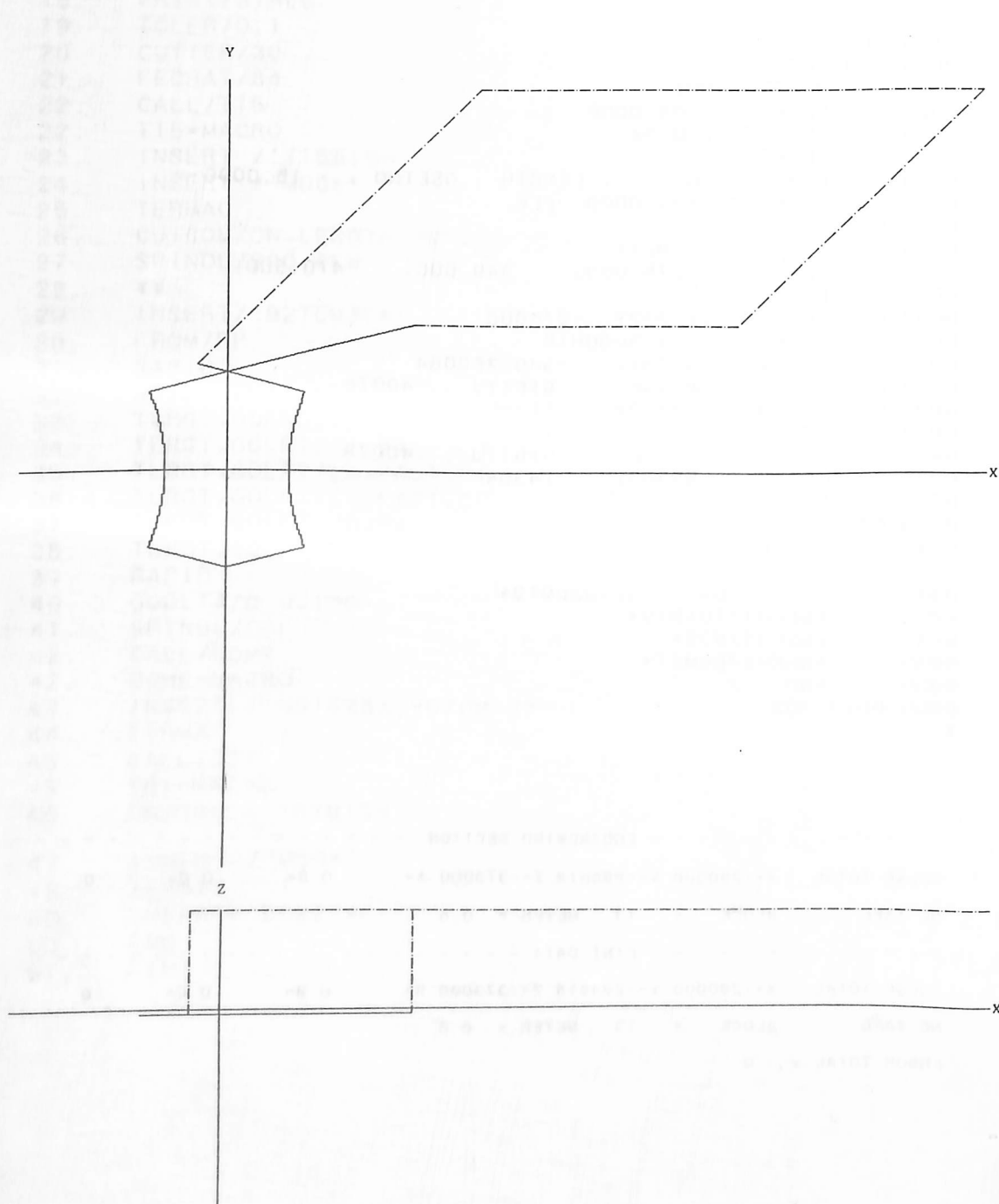
```

```

- - - - - END/REWIND SECTION - - - - -
PULSE TOTAL X=-290000 Y=-294618 Z=-373000 A= 0 B= 0 C= 0
NC TAPE BLOCK = 13 METER = 0.6
- - - - - FINI DATA - - - - -
PULSE TOTAL X=-290000 Y=-294618 Z=-373000 A= 0 B= 0 C= 0
NC TAPE BLOCK = 13 METER = 0.6
ERROR TOTAL = 0

```

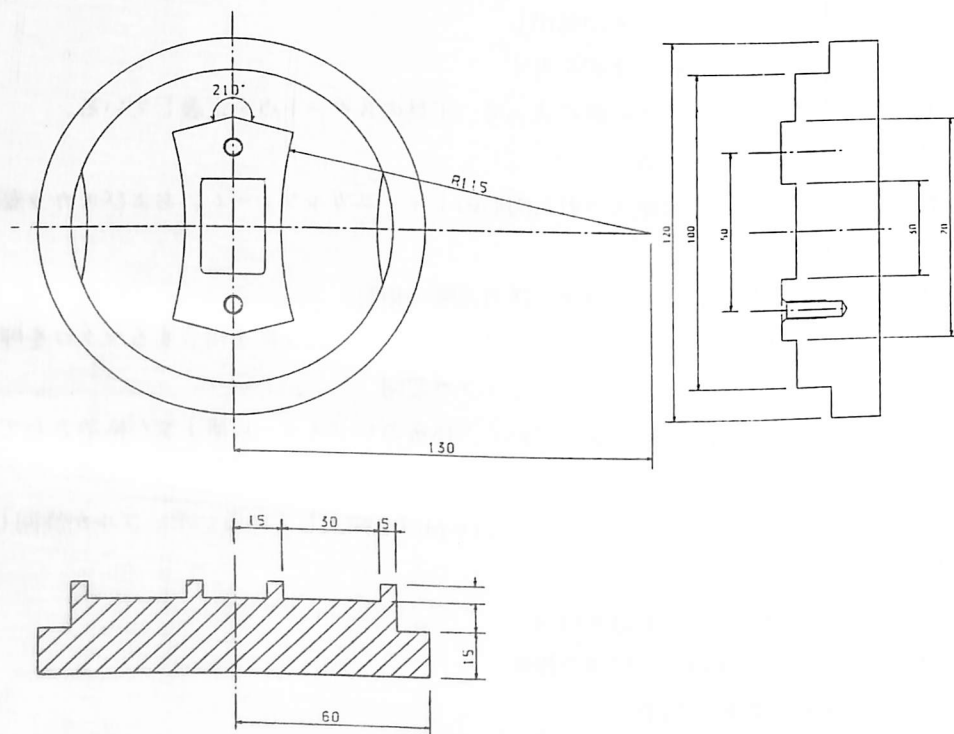
(3) 自動計算された工具経路のシミュレーション図



(4) プログラムの説明

| 行 番 号 | 説 明 |
|--------|---|
| 1 | パートプログラムの見出し |
| 2 | ¥で始まる行は注釈を表す |
| 5 | 機械原点からの距離によって、工具のスタート点を定義している。 |
| 5 -16 | 各種図形の定義 |
| 18 | この文以前に定義された図形のキャノニカルフォーム、およびスカラ変数の値をプリント。 |
| 18 -21 | 許容誤差指定、工具径、送り速度の指定 |
| 22 | CALL/T15 15番の工具を選択し、工具交換を指令するマクロを呼ぶ。 |
| 22 -25 | CALL/T15 に対するマクロ展開 |
| 26 | 工具長補正、補正番号は15で、15番のレジスターに補正量が格納されている。 |
| 27 | 主軸回転数の指定 |
| 29 | 270度の面を出す指令B270M27を挿入している。テーブルが旋回し加工面選択 |
| 30 | 工具のスタート点を指示 |
| 31 | RAPIDは、早送り指令 |
| 32 | 初期起動の指令 |
| 33 -38 | 切削のための連続運動指令 |
| 40 | Z方向の逃げの指令 |
| 41 | 主軸回転の停止 |
| 42 -44 | 機械原点への復帰を指令のマクロ呼び出し、およびそのマクロ内容 |
| 45 -48 | ダミーの工具TO1と工具交換 |
| 49 | 0度の面を出すためのテーブル旋回指令 |
| 50 -51 | プログラムの終了指令 |

例題 2 つぎのような加工形状に切削するプログラムを作成する。なお、CYCLE指令およびPOCKET指令を使用する。ただし、例題1の切削加工の後、それに加えて切削するものとする。



(1) パートプログラム

```

1.  ISN
2.  PARTNO AP02
3.  ¥¥
4.  ¥¥ CLPRNT
5.  RP=POINT/275,349,470.5
6.  P1=POINT/10,15
7.  P2=POINT/-10,15
8.  P3=POINT/-10,-15
9.  P4=POINT/10,-15
10. P5=POINT/0,25
11. P6=POINT/0,-25
12. VLO=LINE/YAXIS
13. HLO=LINE/XAXIS
14. HL1=LINE/XAXIS,120
15. HL2=LINE/XAXIS,-25
16. PLO=PLANE/0,0,1,50
17. PL1=PLANE/0,0,1,-2.5
18.  ¥¥
  
```

```

19. PRINT/3,ALL
20. TOLER/0.1
21. CUTTER/0
22. FEDRAT/116
23. CALL/T02
23. T02=MACRO
24. INSERT /'T02M19*'
25. INSERT /'M06*'
26. TERMAC
27. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,02
28. SPINDL/385,CLW
29. ¥¥
30. INSERT/'B270M27*'
31. FROM/RP
32. RAPID
33. GO/ON,VLO,PL0,TO,HL1
34. GODLTA/0,0,-50.2
35. AUTOPS
36. TLON,GOFWD/VLO,PAST,HL2
37. RAPID
38. GODLTA/0,0,100
39. SPINDL/OFF
40. CALL/HOME
40. HOME=MACRO
41. INSERT /'G91G28X0Y0Z0M19*'
42. TERMAC
43. CALL/T07
43. T07=MACRO
44. INSERT /'T07M19*'
45. INSERT /'M06*'
46. TERMAC
47. CUTTER/0
48. SPINDL/665,CLW
49. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,7
50. FROM/RP
51. RAPID
52. GO/HL1,PL0,ON,VLO
53. ¥¥ DRILL
54. CYCLE/DRILL,2,MMPM,100,10
55. GOTO/P5
56. GOTO/P6
57. CYCLE/OFF
58. RAPID
59. GODLTA/0,0,100
60. SPINDL/OFF
61. CALL/HOME

```

```

62. CALL/T24
62. T24=MACRO
63. INSERT /'T24M19*'
64. INSERT /'M06*'
65. TERMAC
66. CUTTER/O
67. SPINDL/1600,CLW
68. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,24
69. FROM/RP
70. RAPID
71. GO/HL1,PL0,ON,VLO
72. ¥¥ DRILL
73. CYCLE/DRILL,18.5,MMPM,160,10
74. GOTO/P5
75. GOTO/P6
76. CYCLE/OFF
77. RAPID
78. GODLTA/0,0,100
79. SPINDL/OFF
80. CALL/HOME
81. CALL/T26
81. T26=MACRO
82. INSERT /'T26M19*'
83. INSERT /'M06*'
84. TERMAC
85. CUTTER/O
86. SPINDL/425,CLW
87. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,26
88. FROM/RP
89. RAPID
90. GO/HL1,PL0,ON,VLO
91. ¥¥ TAP
92. CYCLE/TAP,12,MMPM,425,10
93. GOTO/P5
94. GOTO/P6
95. CYCLE/OFF
96. RAPID
97. GODLTA/0,0,100
98. SPINDL/OFF
99. ¥¥ POCKET
100. SC=3.0
101. SF=1.5
102. C=(SC/(3.0/2.0))
103. F=(SF/(3.0/2.0))
104. CALL/HOME

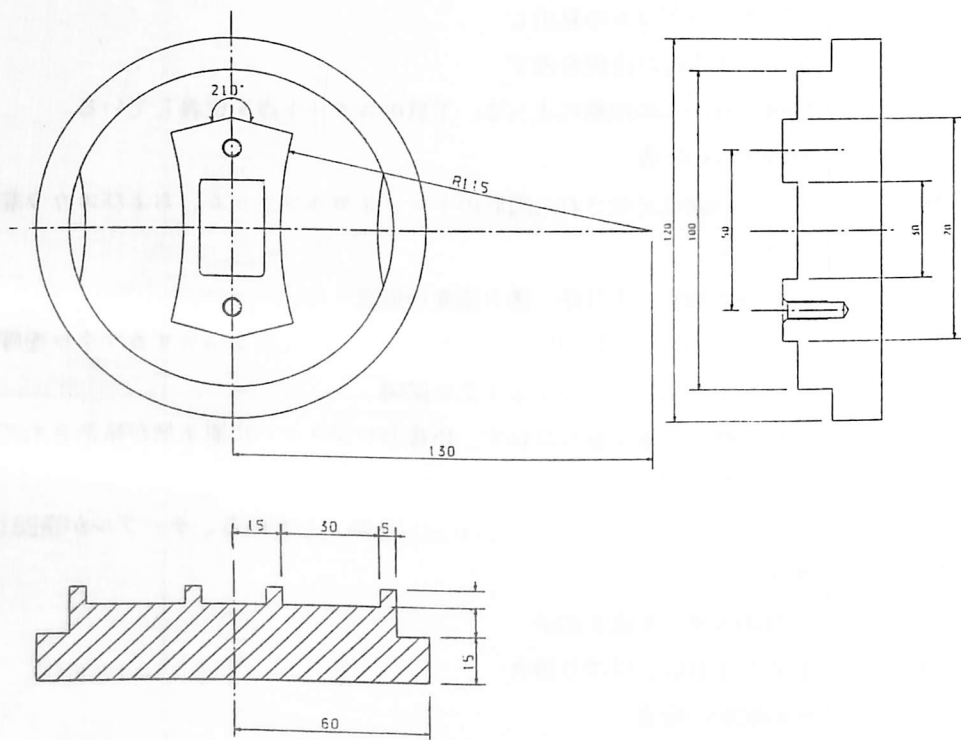
```

```

105. CALL/T16
105. T16=MACRO
106. INSERT /'T16M19*'
107. INSERT /'M06*'
108. TERMAC
109. CUTTER/3
110. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,16
111. SPINDL/2500,CLW
112. FROM/RP
113. RAPID
114. GO/ON,HLO,PLO,ON,VLO
115. RAPID
116. GODLTA/0,0,-40
117. PSIS/PL1
118. POCKET/1.49,C,F,32,64,40,0,2,P1,P2,P3,P4
119. RAPID
120. GODLTA/0,0,100
121. SPINDL/OFF
122. CALL/HOME
123. CALL/T01
123. T01=MACRO
124. INSERT /'T01M19*'
125. INSERT /'M06*'
126. TERMAC
127. INSERT/'BOM27*'
128. END
129. FINI

```

例題2 つぎのような加工形状に切削するプログラムを作成する。なお、CYCLE指令およびPOCKET指令を使用する。ただし、例題1の切削加工の後、それに加えて切削するものとする。



(1) パートプログラム

```

1. ISN
2. PARTNO AP02
3. ¥¥
4. ¥¥ CLPRNT
5. ¥¥
6. RP=POINT/275,349,470.5
7. P1=POINT/10,15
8. P2=POINT/-10,15
9. P3=POINT/-10,-15
10. P4=POINT/10,-15
11. P5=POINT/0,25
12. P6=POINT/0,-25
13. VLO=LINE/YAXIS
14. HLO=LINE/XAXIS
15. HL1=LINE/XAXIS,120
16. HL2=LINE/XAXIS,-25
17. PLO=PLANE/0,0,1,50
18. PL1=PLANE/0,0,1,-2.5
19. ¥¥

```

```

19. PRINT/3,ALL
20. TOLER/0.1
21. CUTTER/0
22. FEDRAT/116
23. CALL/T02
23. T02=MACRO
24. INSERT /'T02M19*'
25. INSERT /'M06*'
26. TERMAC
27. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,02
28. SPINDL/385,CLW
29. ¥¥
30. INSERT/'B270M27*'
31. FROM/RP
32. RAPID
33. GO/ON,VLO,PL0,TO,HL1
34. GODLTA/0,0,-50.2
35. AUTOPS
36. TLON,GOFWD/VLO,PAST,HL2
37. RAPID
38. GODLTA/0,0,100
39. SPINDL/OFF
40. CALL/HOME
40. HOME=MACRO
41. INSERT /'G91G28X0Y0Z0M19*'
42. TERMAC
43. CALL/T07
43. T07=MACRO
44. INSERT /'T07M19*'
45. INSERT /'M06*'
46. TERMAC
47. CUTTER/0
48. SPINDL/665,CLW
49. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,7
50. FROM/RP
51. RAPID
52. GO/HL1,PL0,ON,VLO
53. ¥¥ DRILL
54. CYCLE/DRILL,2,MMPM,100,10
55. GOTO/P5
56. GOTO/P6
57. CYCLE/OFF
58. RAPID
59. GODLTA/0,0,100
60. SPINDL/OFF
61. CALL/HOME

```

```

62.    CALL/T24
62.    T24=MACRO
63.    INSERT /'T24M19*'
64.    INSERT /'M06*'
65.    TERMAC
66.    CUTTER/O
67.    SPINDL/1600,CLW
68.    CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,24
69.    FROM/RP
70.    RAPID
71.    GO/HL1,PL0,ON,VLO
72.    ¥¥ DRILL
73.    CYCLE/DRILL,18.5,MMPM,160,10
74.    GOTO/P5
75.    GOTO/P6
76.    CYCLE/OFF
77.    RAPID
78.    GODLTA/0,0,100
79.    SPINDL/OFF
80.    CALL/HOME
81.    CALL/T26
81.    T26=MACRO
82.    INSERT /'T26M19*'
83.    INSERT /'M06*'
84.    TERMAC
85.    CUTTER/O
86.    SPINDL/425,CLW
87.    CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,26
88.    FROM/RP
89.    RAPID
90.    GO/HL1,PL0,ON,VLO
91.    ¥¥ TAP
92.    CYCLE/TAP,12,MMPM,425,10
93.    GOTO/P5
94.    GOTO/P6
95.    CYCLE/OFF
96.    RAPID
97.    GODLTA/0,0,100
98.    SPINDL/OFF
99.    ¥¥ POCKET
100.   SC=3.0
101.   SF=1.5
102.   C=(SC/(3.0/2.0))
103.   F=(SF/(3.0/2.0))
104.   CALL/HOME

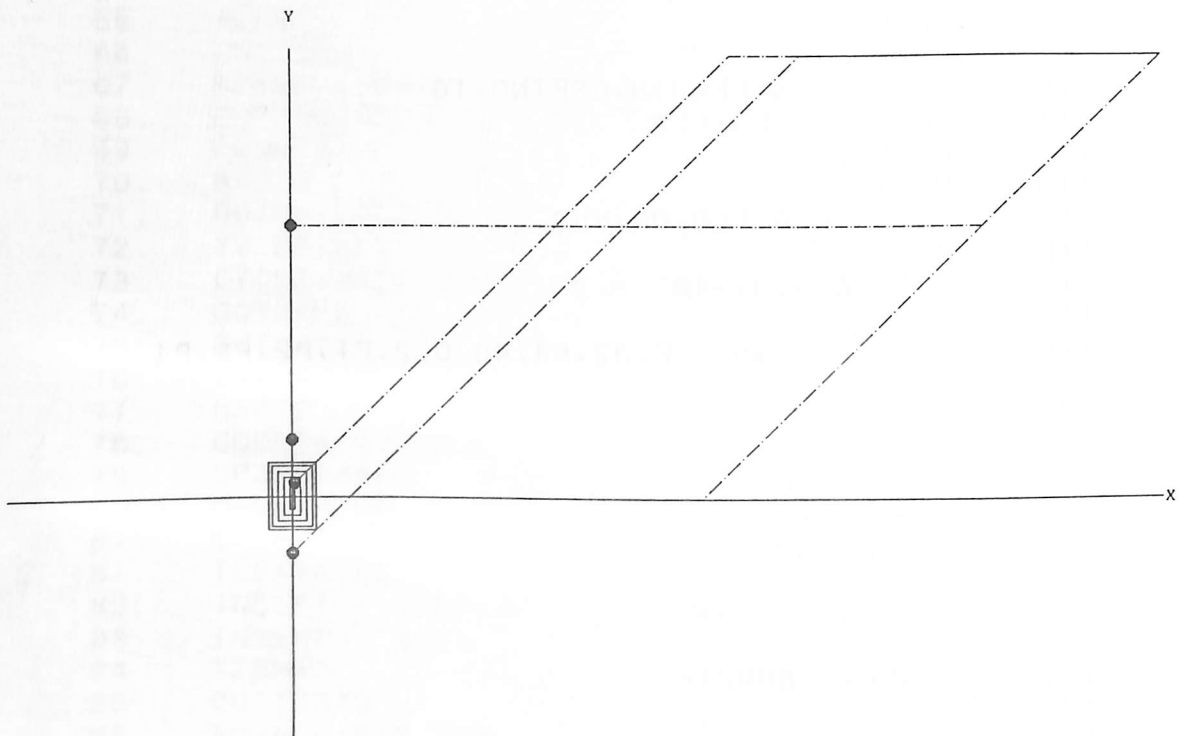
```

```

105. CALL/T16
105. T16=MACRO
106. INSERT /'T16M19*'
107. INSERT /'M06*'
108. TERMAC
109. CUTTER/3
110. CUTCOM/ON,LENGTH,OSETNO,16
111. SPINDL/2500,CLW
112. FROM/RP
113. RAPID
114. GO/ON,HLO,PLO,ON,VLO
115. RAPID
116. GODLTA/0,0,-40
117. PSIS/PL1
118. POCKET/1.49,C,F,32,64,40,0,2,P1,P2,P3,P4
119. RAPID
120. GODLTA/0,0,100
121. SPINDL/OFF
122. CALL/HOME
123. CALL/T01
123. T01=MACRO
124. INSERT /'T01M19*'
125. INSERT /'M06*'
126. TERMAC
127. INSERT/'BOM27*'
128. END
129. FINI

```

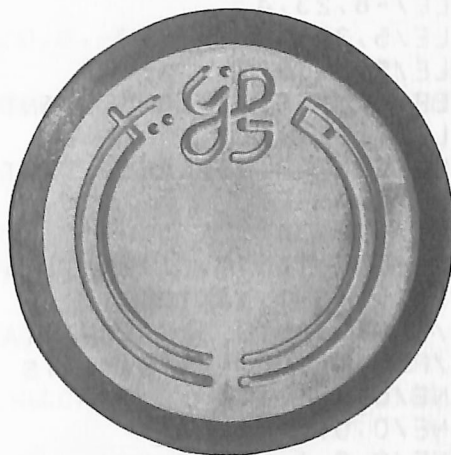

(2) 自動計算された工具経路のシミュレーション図



(3) プログラムの説明

| 行 番 号 | 説 明 |
|---------|--|
| 5 -17 | 図形の定義 |
| 21 -42 | 1 2 5 ミリフライスによる表面フライス加工 |
| 43 -61 | ドリルサイクルによりネジの下穴をあける加工, 二箇所 (GOTO/P5 GOTO/P6) |
| 54 | 穴あけのサイクル指令で, もみ付けを行っている。 |
| 73 -76 | 1 8.5 ミリの深穴加工, 二箇所 |
| 80 -98 | ネジ切加工, 二箇所 |
| 92 | 深さ 1 2 ミリのネジ切りサイクル |
| 99 -120 | ポケット加工 |
| 118 | P O C K E T指令, パラメータは, 100 - 103行で計算 |

例題3 つぎのような新潟県のマークを彫るプログラムを作成する。



(1) パートプログラム

```

ISN
1. PARTNO AP03
2. ¥¥
3. ¥¥ CLPRNT
4. ¥¥
5. RP=POINT/275.0,349.0,470.5
6. P0=POINT/0,0
7. P1=POINT/-7.2,42.2
8. P2=POINT/-13,29
9. P3=POINT/3,27
10. P4=POINT/-2,42.5
11. P5=POINT/-10,-30,50
12. VL0=LINE/YAXIS
13. VL1=LINE/YAXIS,3
14. VL2=LINE/YAXIS,-2
15. VL3=LINE/YAXIS,5
16. VL4=LINE/YAXIS,-5
17. VL5=LINE/YAXIS,-31.5
18. VL6=LINE/YAXIS,1
19. HL0=LINE/XAXIS
20. HL1=LINE/XAXIS,42.5
21. HL2=LINE/XAXIS,28
22. HL3=LINE/XAXIS,60
23. HL4=LINE/XAXIS,-10
24. L1=LINE/P0,ATANGL,45,XAXIS
25. L2=LINE/P0,ATANGL,60,XAXIS
    
```

```

26. L3=LINE/P0,ATANGL,120,XAXIS
27. L4=LINE/P0,ATANGL,135,XAXIS
28. C1=CIRCLE/-8,36,3.8
29. C2=CIRCLE/-8,23,4
30. C3=CIRCLE/5,38,5
31. C4=CIRCLE/5,26,5.2
32. C5=CIRCLE/CENTER,P2,LARGE,TANTO,C2
33. C6=CIRCLE/7,31,11
34. C7=CIRCLE/CENTER,P3,LARGE,TANTO,C4
35. C8=CIRCLE/0,0,40
36. C9=CIRCLE/0,0,34
37. L5=LINE/RIGHT,TANTO,C1,LEFT,TANTO,C3
38. L6=LINE/P1,RIGHT,TANTO,C1
39. L7=LINE/LEFT,TANTO,C2,RIGHT,TANTO,C3
40. L9=LINE/P0,ATANGL,127.5,XAXIS
41. PL0=PLANE/0,0,1,10
42. PL1=PLANE/0,0,1,-1.5
43. PL2=PLANE/0,0,1,-0.5
44. P6=POINT/YLARGE,INTOF,L3,C9
45. P7=POINT/YLARGE,INTOF,L9,C9
46. ¥¥
47. PRINT/3,ALL
48. ¥¥ --- MOTION ---
49. TOLER/0.1
50. CUTTER/50
51. FEDRAT/116
52. ¥¥
53. CALL/T02
53. T02=MACRO
54. INSERT /'T02M19*'
55. INSERT /'M06*'
56. TERMAC
57. INSERT/'B270M26*'
58. SPINDL/385,CLW
59. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,02
60. ¥¥
61. FROM/RP
62. RAPID
63. GO/VL0,PL0,TO,HL3
64. GO/VL0,PL2,TO,HL3,116
65. TLLFT,GOLFT/VL0,PAST,HL4,116
66. RAPID
67. GODLTA/0,0,50

```

68. PSIS/PL0
 69. RAPID
 70. GO/PAST,VLO,PAST,HL3
 71. RAPID
 72. GODLTA/0,0,-50
 73. AUTOPS
 74. TLRGT,GOBACK/VLO,PAST,HL4,116
 75. RAPID
 76. GODLTA/0,0,50
 77. RAPID
 78. PSIS/PL0
 79. GO/ON,VLO,PAST,HL3
 80. RAPID
 81. GODLTA/0,0,-50
 82. AUTOPS
 83. TLON,GOBACK/VLO,PAST,HL4,116
 84. RAPID
 85. GODLTA/0,0,100
 86. SPINDL/OFF
 87. CALL/FORM
 87. FORM=MACRO
 88. INSERT /'G91G28X0Y0Z0M19*'
 89. TERMAC
 90. CALL/T16
 90. T16=MACRO
 91. INSERT /'T16M19*'
 92. INSERT /'M06*'
 93. TERMAC
 94. CUTTER/0
 95. FEDRAT/64
 96. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,16
 97. SPINDL/2500,CLW
 98. ¥¥
 99. FROM/RP
 100. RAPID
 101. GO/ON,L6,PL0,ON,HL1
 102. GO/ON,L6,PL1,ON,HL1,64
 103. TLON,GOFWD/L6,TANTO,C1
 104. TLON,GOFWD/C1,ON,L5
 105. TLON,GOFWD/L5,ON,VL2
 106. TLON,GORGT/VL2,ON,2,INTOF,C5
 107. TLON,GOFWD/C5,TANTO,C2
 108. TLON,GOFWD/C2,TANTO,L7
 109. TLON,GOFWD/L7,TANTO,C3
 110. TLON,GOFWD/C3,ON,C6

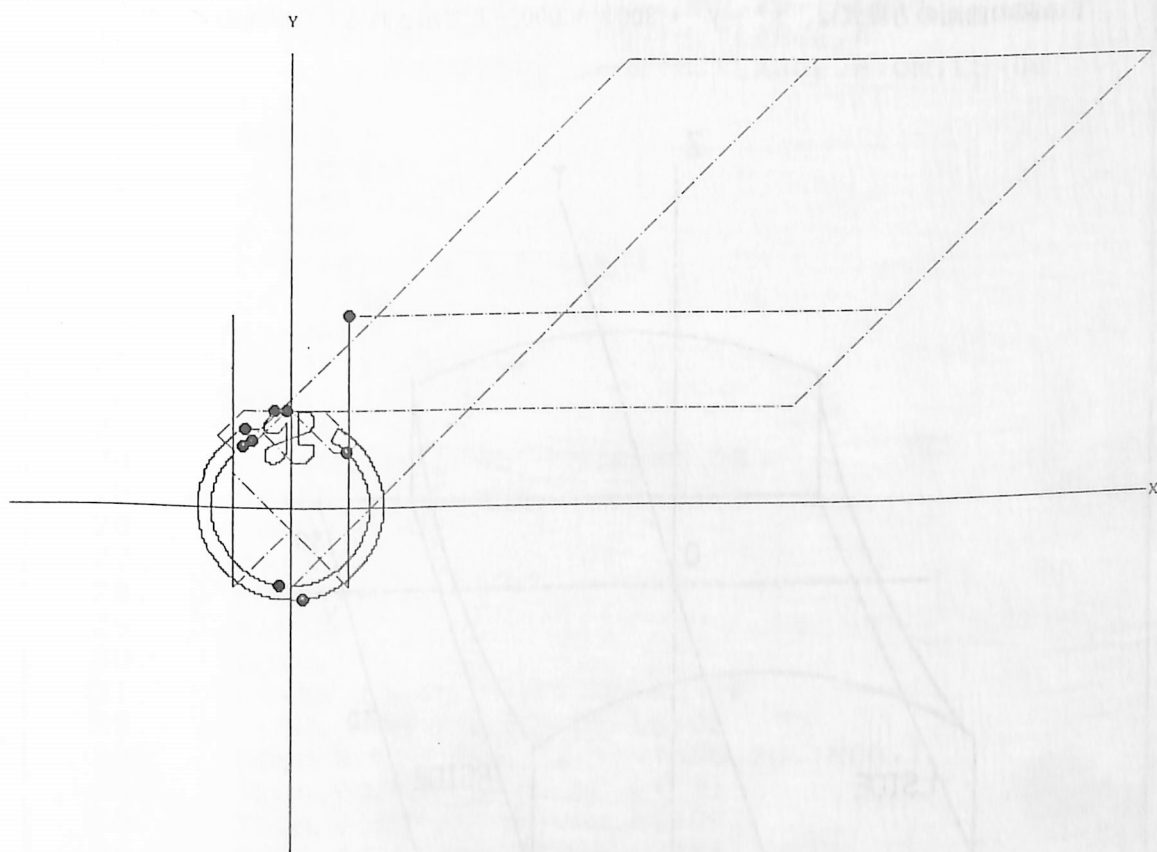
111. TLON,GOFWD/C6,ON,VL1
 112. TLON,GOLFT/VL1,ON,HL2
 113. TLON,GOLFT/HL2,ON,C4
 114. TLON,GORGT/C4,TANTO,C7
 115. TLON,GOFWD/C7,ON,VL6
 116. RAPID
 117. GODLTA/0,0,100
 118. RAPID
 119. GO/ON,L3,PL0,ON,C8
 120. GO/ON,C8,PL1,ON,L3,64
 121. TLON,GOLFT/C8,TO,VL4
 122. RAPID
 123. GODLTA/0,0,10
 124. GO/ON,C8,PL1,ON,VL3,64
 125. TLON,GOLFT/C8,ON,L2
 126. TLON,GOLFT/L2,ON,C9
 127. TLON,GOLFT/C9,ON,VL3
 128. RAPID
 129. GODLTA/0,0,100
 130. RAPID
 131. GO/ON,C9,PL0,ON,VL4
 132. GO/ON,C9,PL1,ON,VL4,64
 133. TLON,GOFWD/C9,ON,L4
 134. TLON,GOLFT/L4,ON,VL5
 135. RAPID
 136. GODLTA/0,0,100
 137. RAPID
 138. GO/ON,VLO,PL0,ON,HL1
 139. RAPID
 140. GO/ON,L1,PL0,ON,C9
 141. GO/ON,L1,PL1,ON,C9,64
 142. TLON,GOLFT/L1,ON,C8
 143. RAPID
 144. GODLTA/0,0,10
 145. CYCLE/DRILL,2.5,MMPM,64,3
 146. GOTO/P4
 147. GOTO/P6
 148. GOTO/P7
 149. CYCLE/OFF
 150. RAPID
 151. GODLTA/0,0,100
 152. SPINDL/OFF
 153. CALL/FORM

```

154.    CALL/T01
154.    T01=MACRO
155.    INSERT /'T01M19*'
156.    INSERT /'M06*'
157.    TERMAC
158.    INSERT/'BOM26*'
159.    END
160.    FINI

```

(2) 工具経路のシミュレーション図



例題 4 (3次元切削の例)

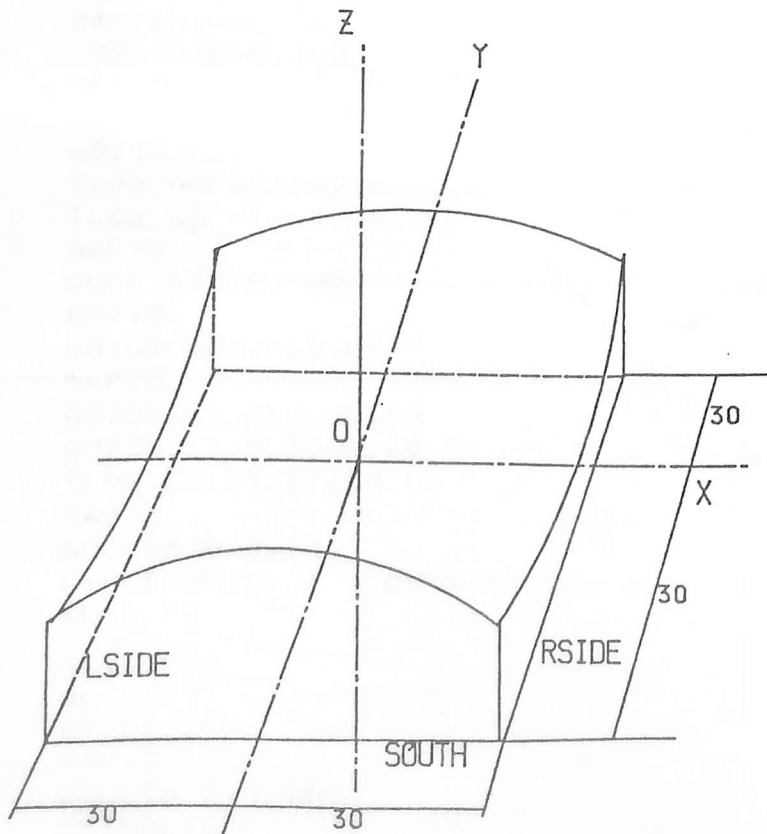
下の図に示すような2次曲面を切削するプログラムを作成する。2次曲面の定義には、次のQADRIC文を使用する。

QADRIC / a、b、c、f、g、h、p、q、r、d

この文の各パラメータは、次の一般式の各係数である。

$$ax^2 + by^2 + cz^2 + fyz + gzx + hxy + px + qy + rz + d = 0$$

下の図の曲面の方程式は、 $x^2 - y^2 + 300z + 900 = 0$ で示されるくら形曲面である。



(1)パートプログラム

ISN

```
1. PARTNO AP26
2.  RESERV/L1,20,L2,20
3.  SOUTH=LINE/30,-30,0,-30,-30,0
4.  RSIDE=LINE/30,-30,0,30,36,0
5.  LSIDE=LINE/-30,-30,0,-30,36,0
6.  PS=QADRIC/1,-1,0,0,0,0,0,300,900
7.  RP=POINT/275,349,470
8.  P1=POINT/0,0,50
9.  A=1.5
10. B=3
11. DOLOOP/LP1,FOR,(X=1),THRU,20,INCR,1
12. L1(X)=LINE/PARLEL,SOUTH,YLARGE,A
13. L2(X)=LINE/PARLEL,SOUTH,YLARGE,B,ON,LSIDE
14. A=A+3
15. B=B+3
16. LP1)DOEND
17. FEDRAT/80
18. CLPRNT
19. CUTTER/12,6,0,6,0,0,8
20. CALL/T08
20. T08=MACRO
21. INSERT /'T08M19*'
22. INSERT /'M06*'
23. TERMAC
24. CUTCOM/ON,LENGTH,0SETNO,08
25. SPINDL/1600,CLW
26. TOLER/0.05
27. PSIS/PS
28. FROM/RP
29. RAPID
30. GOTO/P1
31. GO/ON,SOUTH,TO,PS,ON,RSIDE
32. TLON,GORGT/SOUTH,ON,LSIDE
33. DOLOOP/LP2,FOR,(X=1),THRU,20,INCR,1
34. TLON,GORGT/LSIDE,ON,L1(X)
35. TLON,GORGT/L1(X),ON,RSIDE
36. TLON,GOLFT/RSIDE,ON,L2(X)
37. TLON,GOLFT/L2(X),ON,LSIDE
38. LP2)DOEND
39. GODLTA/0,0,100,1000
40. SPINDL/OFF
41. CALL/HOME
41. HOME=MACRO
42. INSERT /'G91G28X0Y0Z0M19*'
43. TERMAC
44. CALL/T01
44. T01=MACRO
```

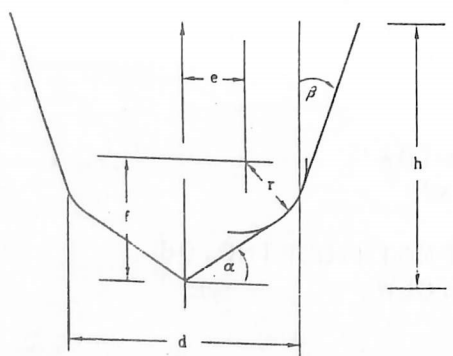
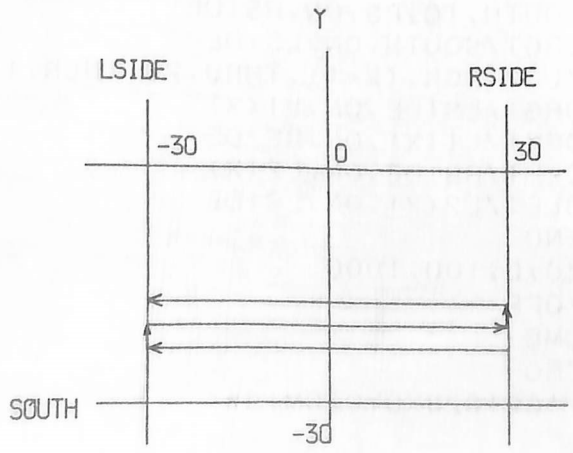


```

45.  INSERT /'T01M19*'
46.  INSERT /'M06*'
47.  TERMAC
48.  END
49.  FINI

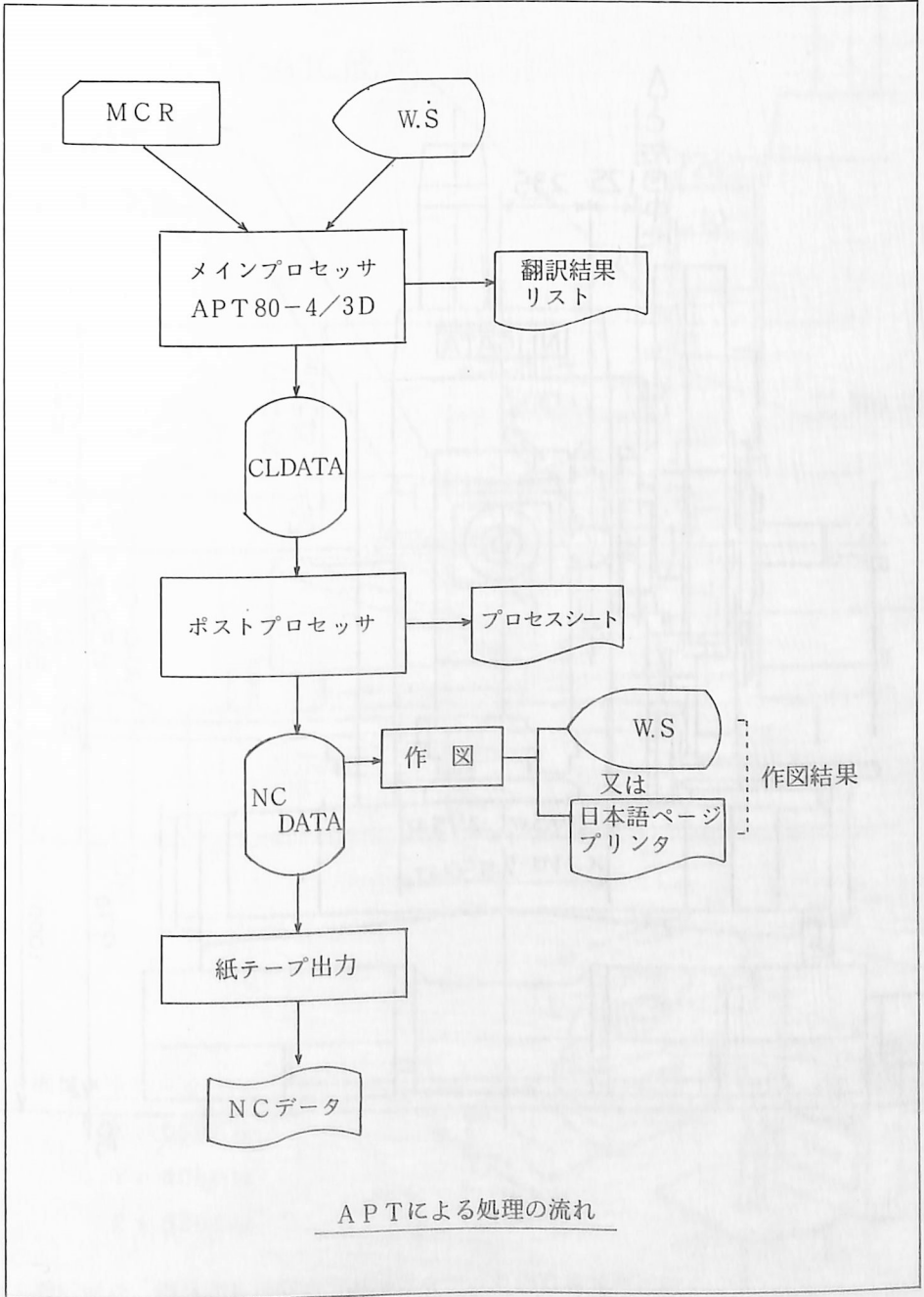
```

(2) プログラムの説明

| 行番号 | 説明 |
|---------|---|
| 2 | 配例の宣言、多数のドライブサーフェスを格納する領域の確保。 |
| 4 - 5 | チェックサーフェスの定義。 |
| 6 | 2次曲面の定義。 |
| 11 - 16 | ドライブサーフェスの計算。 |
| 19 | ボールエンドミルの形状を示すパラメータ指定。  |
| 30 - 38 | 2次曲面の切削。切削の工具経路は、下記のとおり。  |

7. 付録・資料

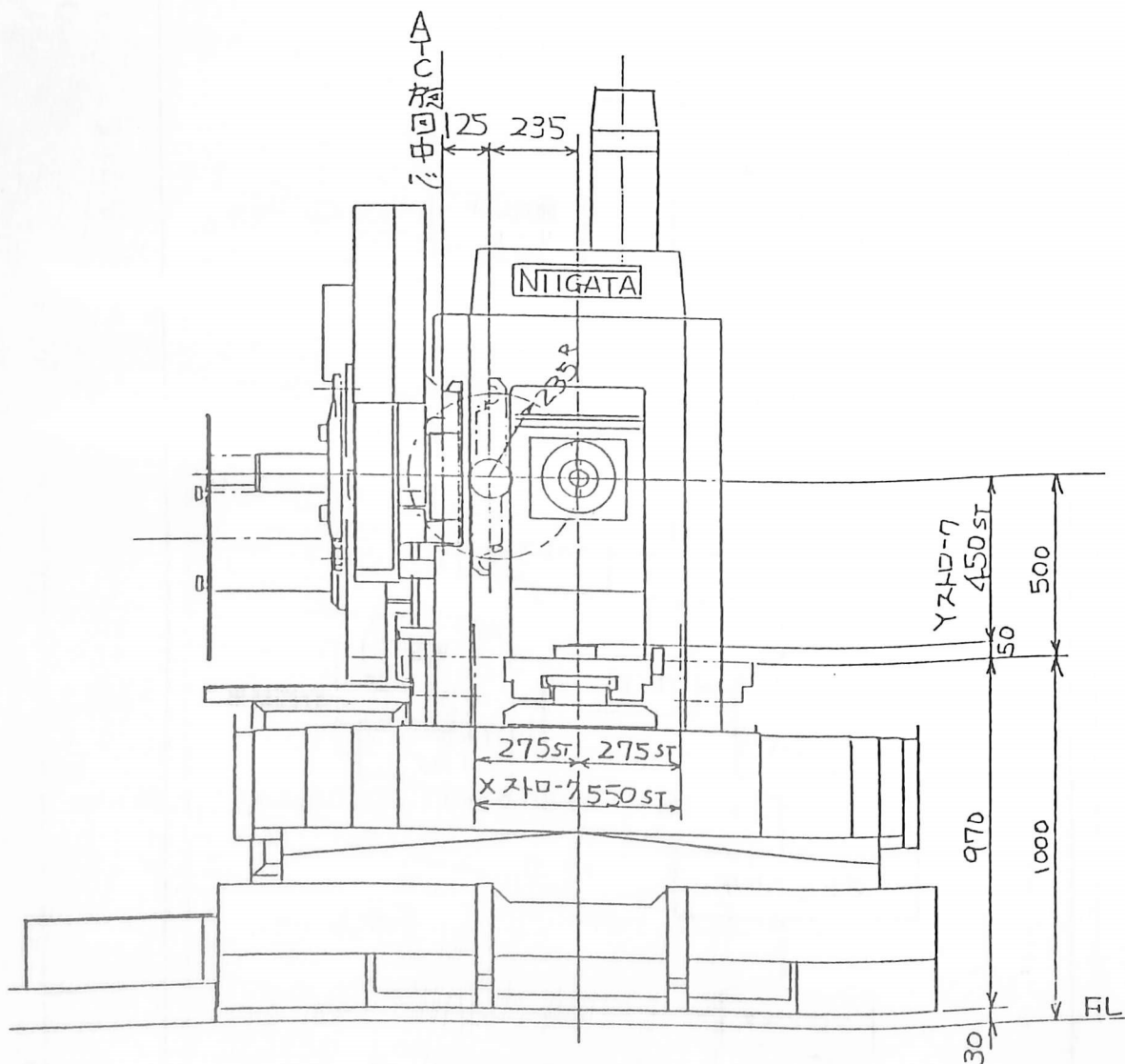
7.1 APTの処理手順



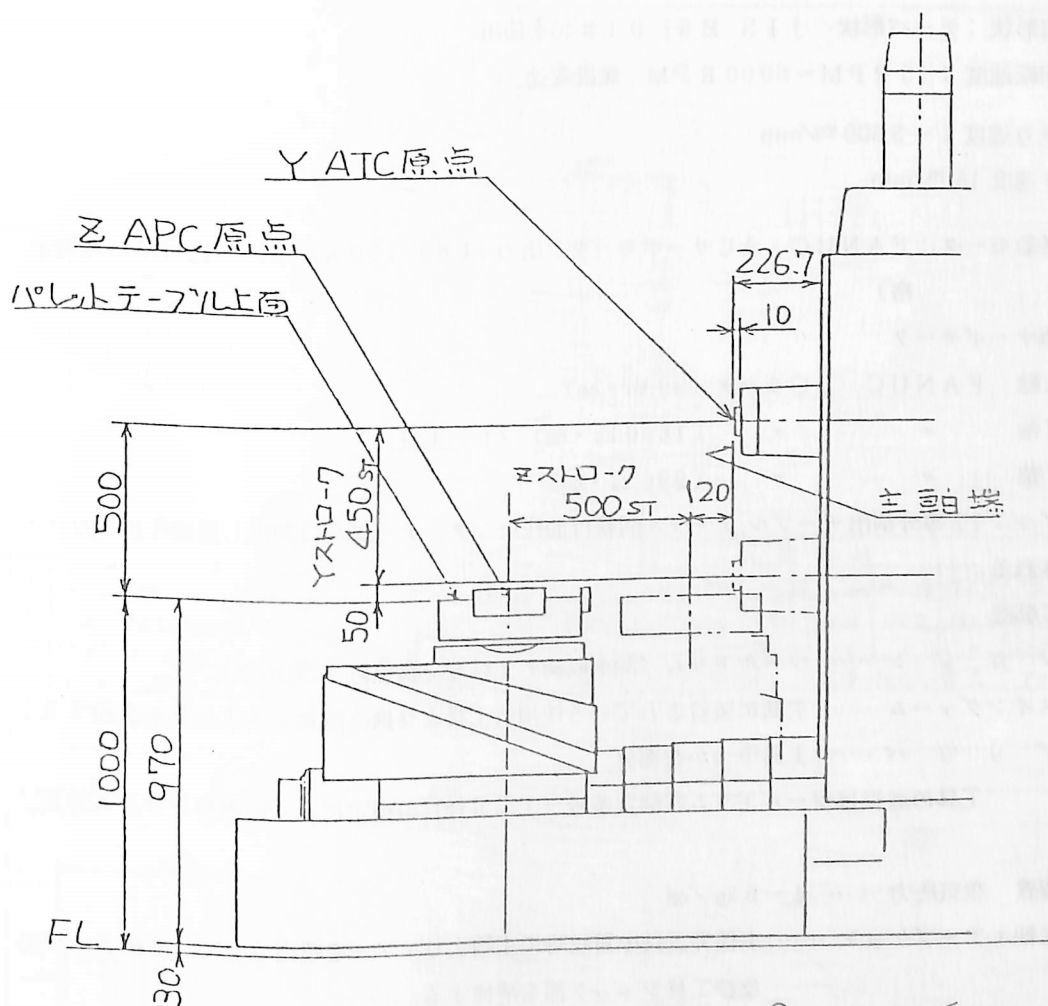
7.2 マシニングセンタのハードウェアの概要

7.2.1 機械ストロークと機械原点

○ X, Y ストローク



○Zストローク

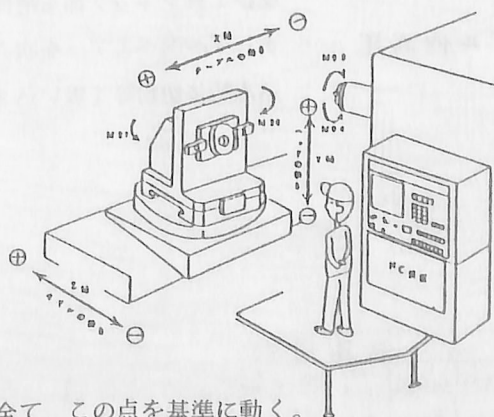


○機械ストローク

X = 550.0 mm

Y = 500.0 mm

Z = 620.0 mm



○機械原点 機械固有の原点で機械は全て、この点を基準に動く。

X軸原点 …… X軸プラス方向端

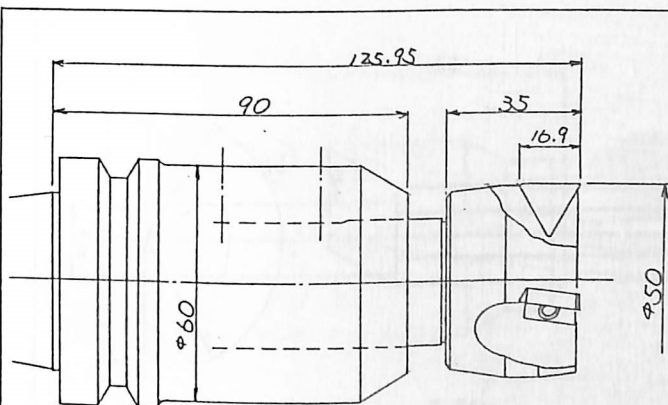
Y軸原点 …… Y軸プラス方向端

Z軸原点 …… Z軸プラス方向端

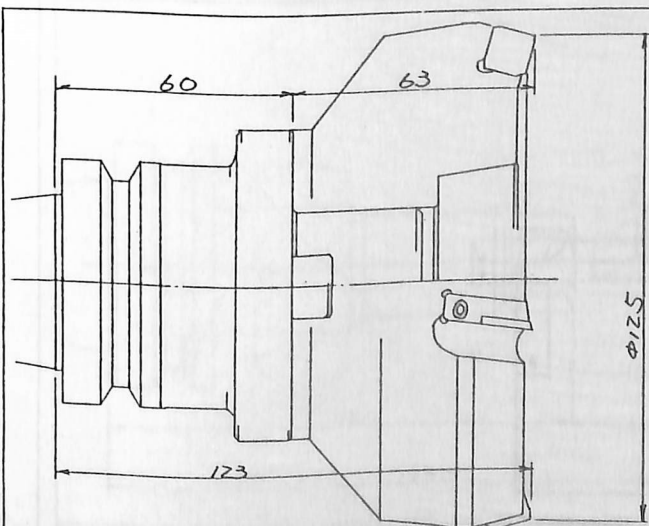
7.2.2 マシニングセンタ (E N 4 0 B) の性能概要

- 主軸端形状：テーパ形状 J I S B 6 i 0 1 #40を使用
- 主軸回転速度：15 R P M ~ 6000 R P M 無段変速
- 切削送り速度 1 ~ 3,600 mm/min
- 早送り速度 15 m/min
- 主軸駆動モータ：F A N U C A Cサーボモータ 出力 11 KW (30分定格), 7.5 KW (連続定格)
- 軸駆動サーボモータ
 - X軸 F A N U C D Cモータ (99 kg・cm)
 - Y軸 " " (1690 kg・cm) ブレーキ付
 - Z軸 " " (990 kg・cm)
- テーブル：72等分割出テーブル, テーブル回転は油圧モータ, テーブルは割出し後油圧によりクランプされる。
- A T C装置
 - マ ガ ジ ン …… ツールドラム (30本収納) 工具を交換位置へ運ぶ部分。
 - スイングアーム …… 主軸に装着されている使用済工具と交換位置にある工具とを交換する。
 - グ リ ッ パ …… 工具をつかむ部分
 - 工具の選択はツールドラム収納穴番号 (工具番号) の指定による近廻りランダム方式。
- 空圧装置 空気圧力 …… 4 ~ 6 kg / cm²
 - 主軸エアープケット …… 主軸で工具の着脱時に主軸よりエアを噴出させて, 主軸テーパ部及び工具シャック部を清掃する。
 - テ ー ブ ル 内 高 圧 …… テーブル内へエアを吹き込んで, テーブル上昇時のエアの吸い込み時に切粉等を吸い込まない様に吹き出し状態にしておく。

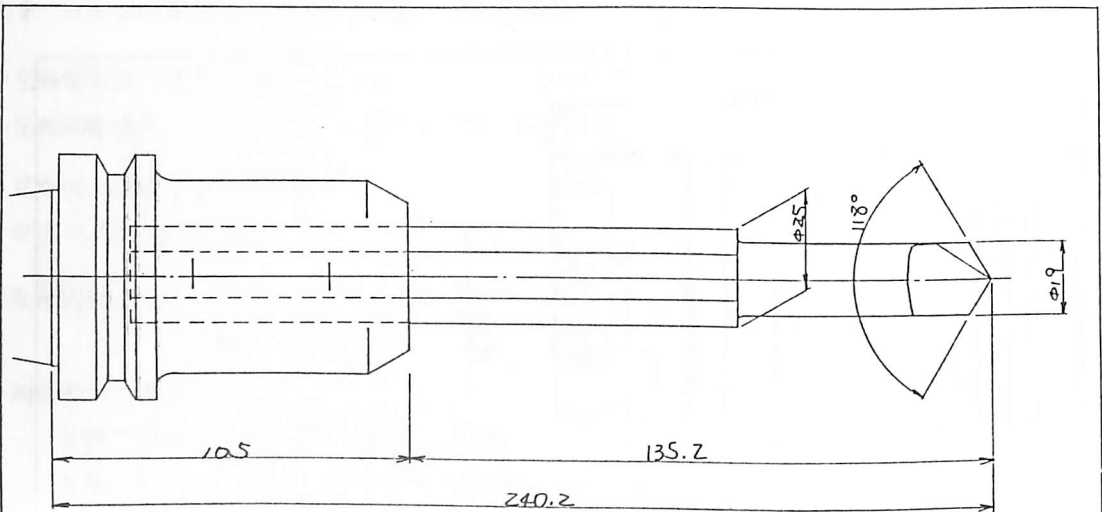
7.3 工具一覧



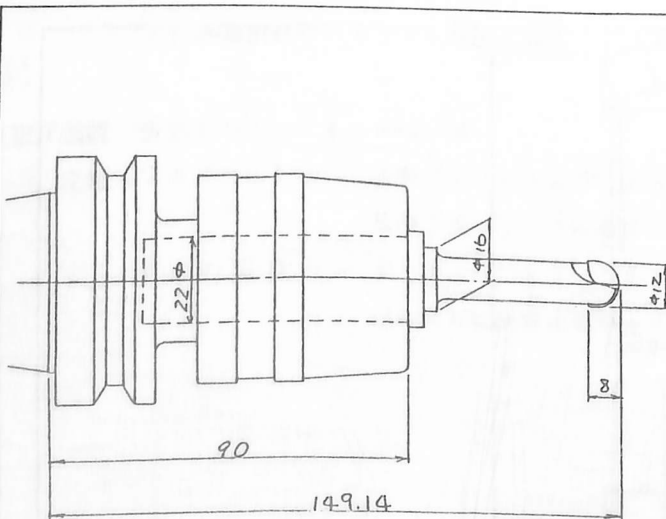
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-----------|---------|-------|---------|----------|----------|------------|------------|--------|-----|------|
| ホルダ | サイドロツフホルダ-(Aガツ) | | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | TSV mm/min | max mm/min | 補正No | 補正量 | 備考 |
| ボツダ | BT40-SLA32H-90 | | 国産工機 | 385 | 60 | 116 | 0.1/t | 4.0 | H02 | 125.95 | | 素加工 |
| 刃具 | 柄付TACミル | スロアウェイチツツ | 材質 TH10 | 765 | 120 | 230 | 0.1/t | 0.2 | " | " | " | 仕ツ加工 |
| | ESE 4050R | TECN43ZFR | 刃数 3 | 被削材 | FC25 | 工具マシジ番号 | T02 | | | | | |
| | メ-カ 東芝タンガロイ | | | | | | | | | | | |



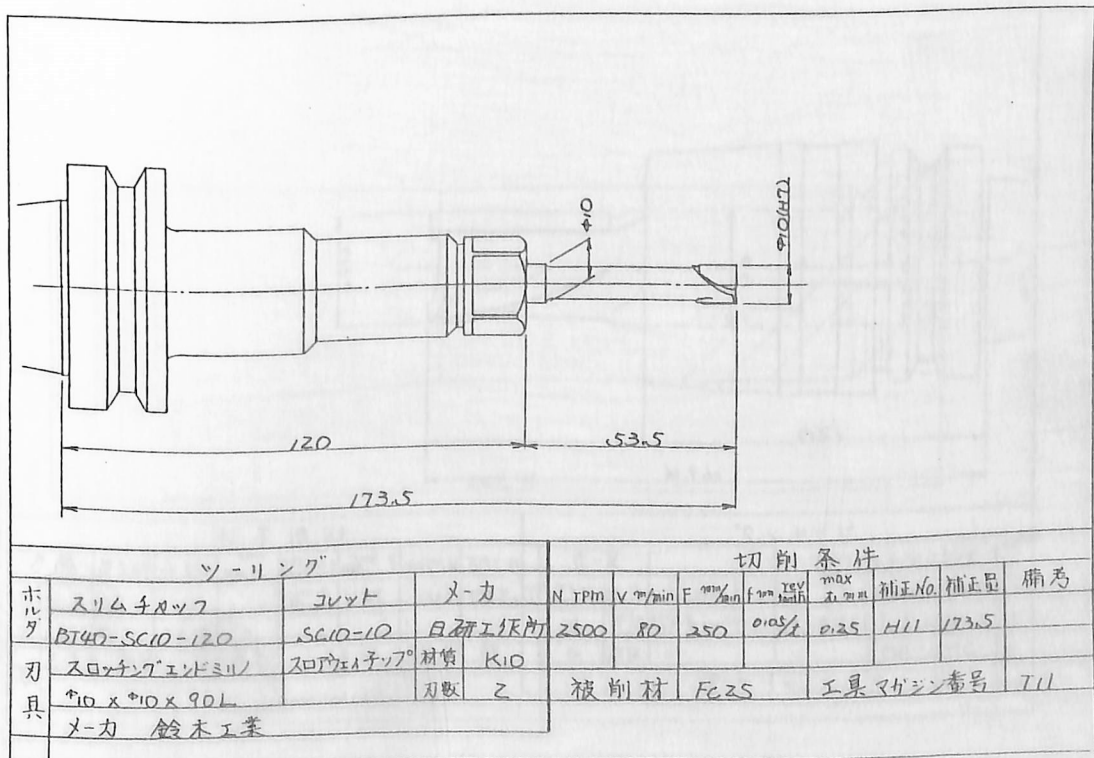
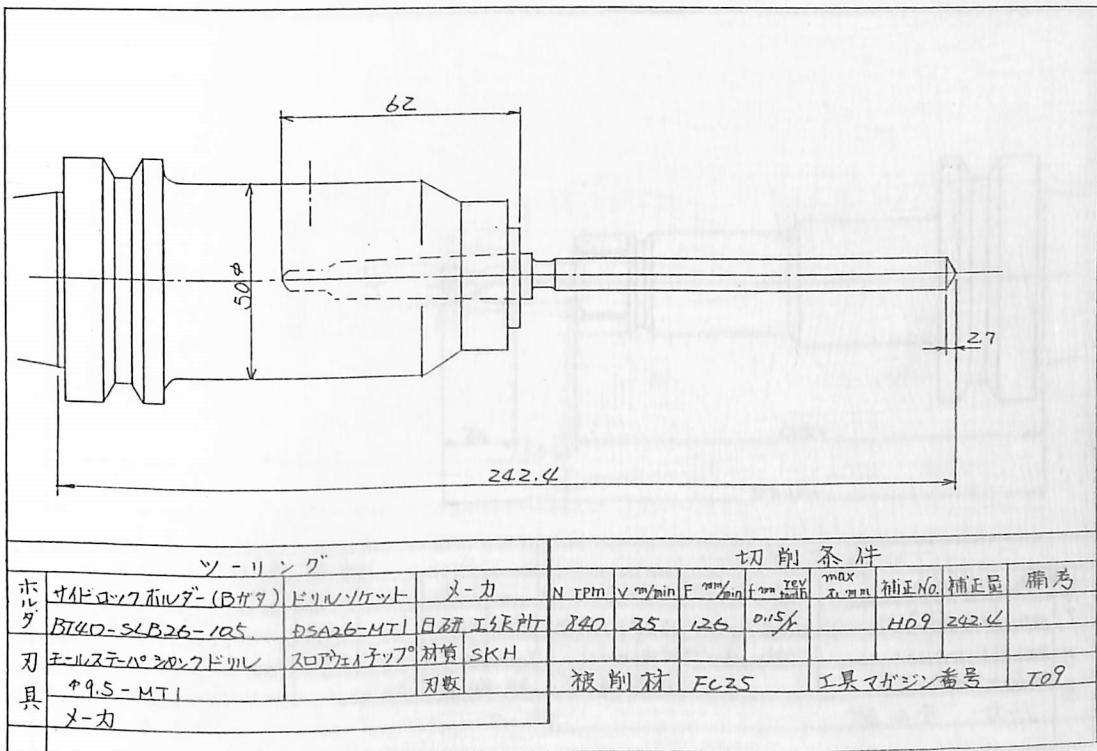
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-----------|---------|-------|---------|----------|----------|------------|------------|------|-----|-------|
| ホルダ | シヨウメンフライスアバ(オウ) | メ-カ | | N rpm | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | TSV mm/min | max mm/min | 補正No | 補正量 | 備考 |
| ダ | BT40-FMA38-I-60 | 日研工研所 | | 153 | 60 | 153 | 0.125/t | 4.0 | H05 | 123 | | 素加工 |
| 刃具 | TAC ミル | スロアウェイチップ | 材質 TH10 | 306 | 120 | 245 | 0.1/t | 0.5 | " | " | " | 仕上げ加工 |
| | TPG4105R | SPCN42SFR | 刃数 8 | 被削材 | FC25 | 工具マシジ番号 | | T05 | | | | |
| | メ-カ: 東芝タンガロイ | | | | | | | | | | | |

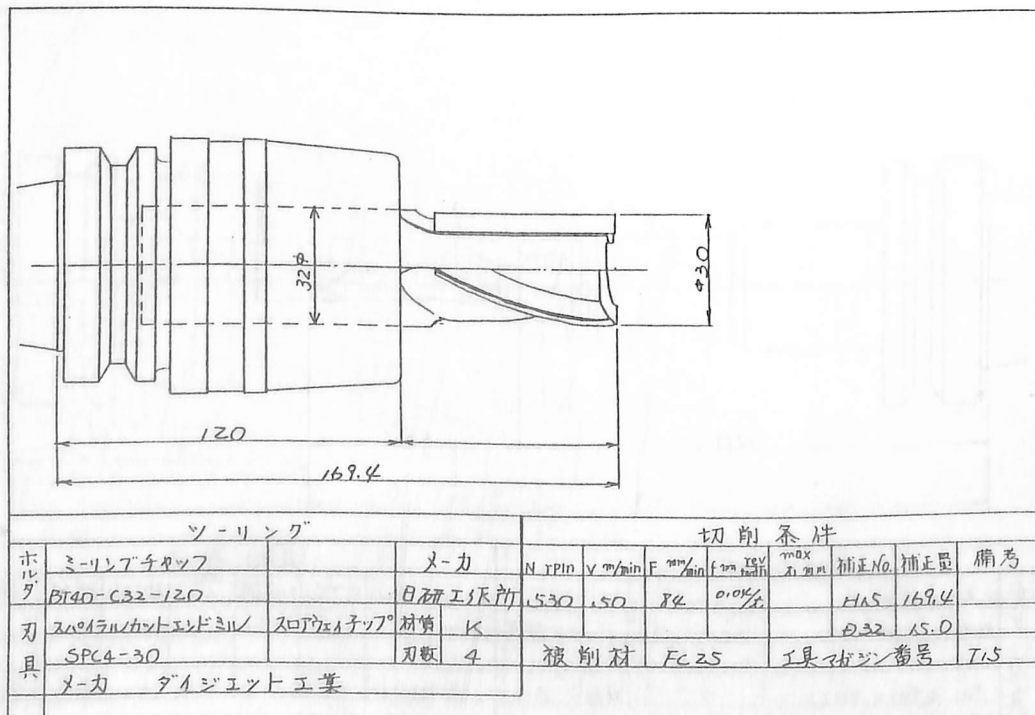
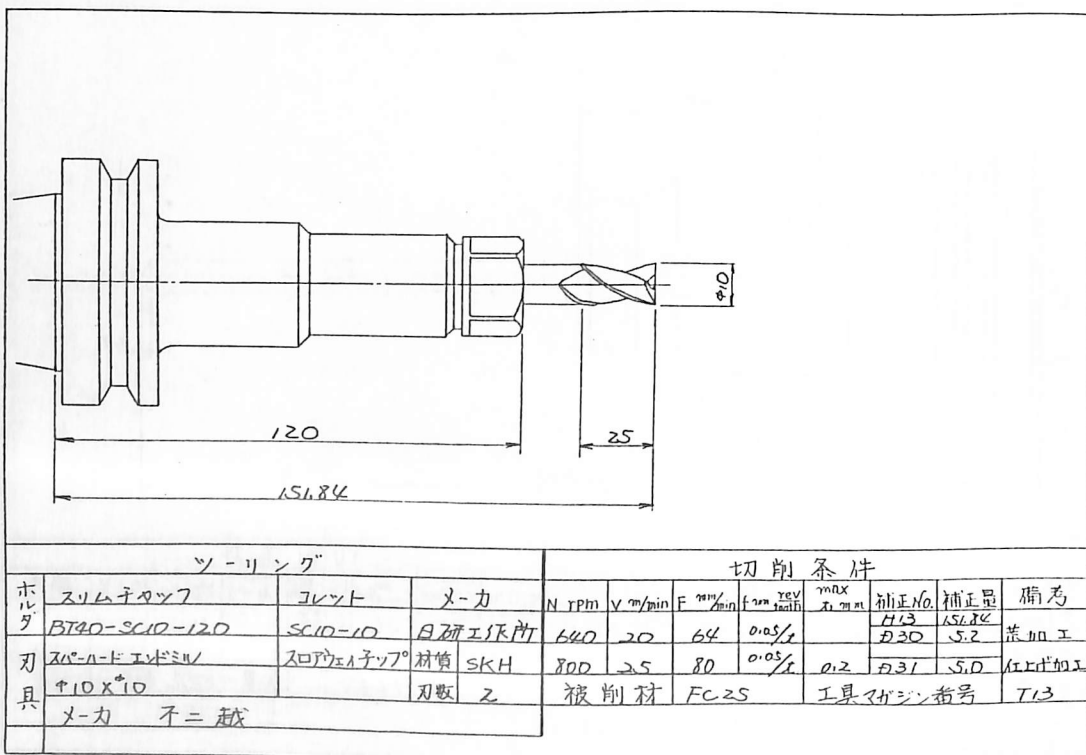


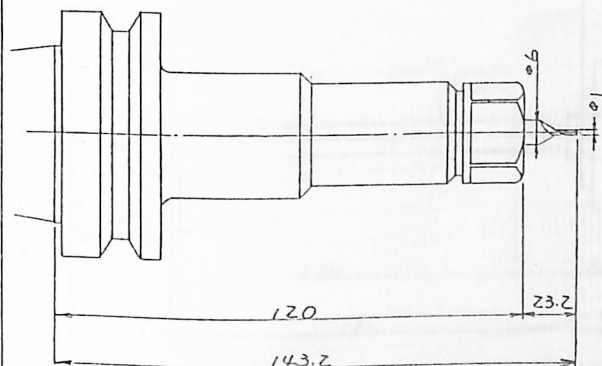
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | |
|-------|------------------|-----------|--------|-------|---------|----------|----------|-----------|-------|-------|----|
| ホルダ | ガイドロッドホルダー (Aガタ) | | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/min | f mm/rev | max A1 mm | 補正No. | 補正量 | 備考 |
| | BT40-SLA32-125 | | 日研工作所 | 665 | 25 | 100 | 0.15/r | | H07 | 240.2 | |
| 刃 | センタリングツール | スロアウェイチップ | 材質 SKH | | | | | | | | |
| 具 | φ25×19-220 | | 刃数 | 被削材 | | FC25 | 工具マジジ番号 | | T07 | | |
| | メ-カ 日研工作所 | | | | | | | | | | |



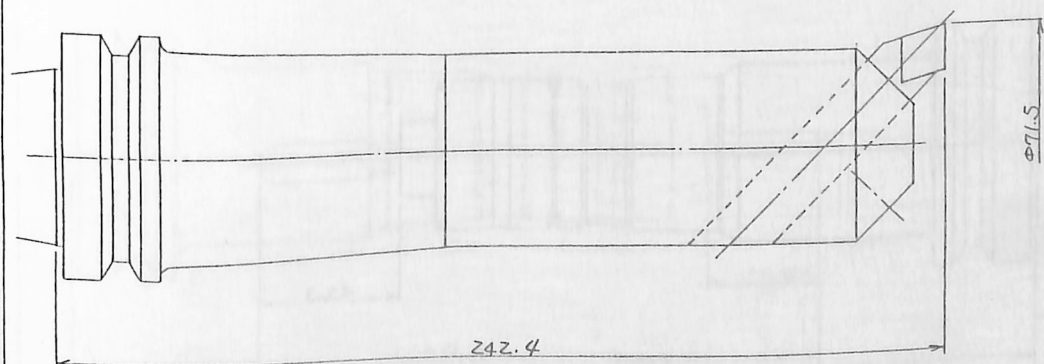
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | |
|-------|-------------|-----------|---------|-------|---------|----------|----------|-----------|-------|--------|----|
| ホルダ | ミーリングチタック | ストリートコレット | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/min | f mm/rev | max A1 mm | 補正No. | 補正量 | 備考 |
| | BT40-C22-90 | NK22-16 | 日研工作所 | 1600 | 60 | 80 | 0.05/r | | H08 | 149.14 | |
| 刃 | TSボ-ルエンドミル | スロアウェイチップ | 材質 TU40 | | | | | | | | |
| 具 | TSB212 | | 刃数 2 | 被削材 | | FC25 | 工具マジジ番号 | | T08 | | |
| | メ-カ 東芝マシナリ | | | | | | | | | | |



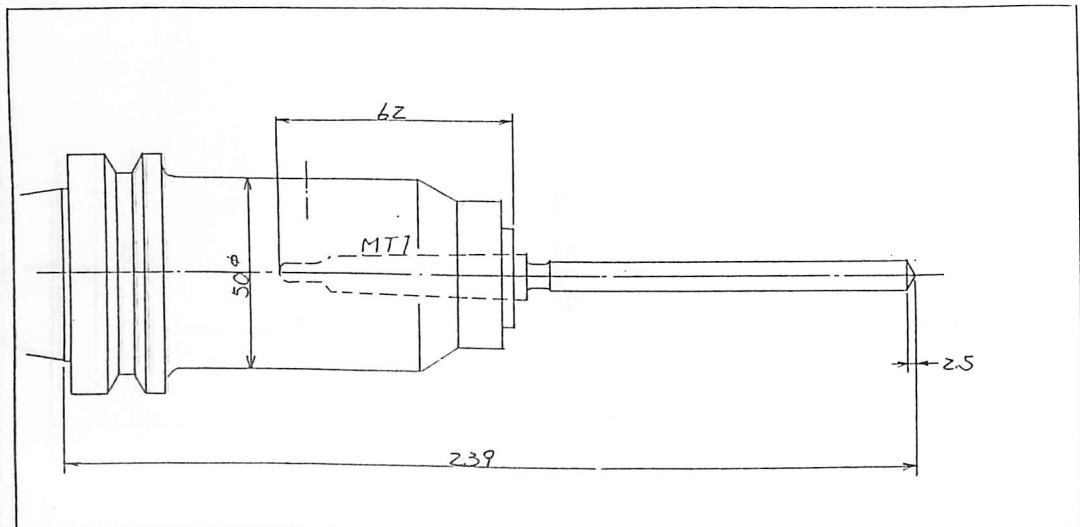




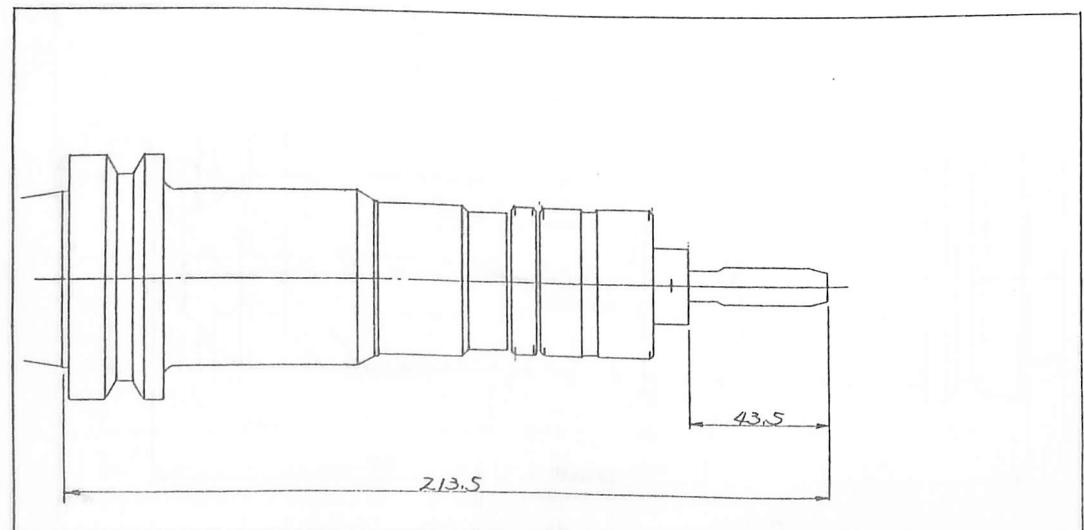
| ツ - リ ン グ | | | | 切 削 条 件 | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|----------|--------|---------|---------|----------|----------|-----|-----|----------|-------|----|-----|
| ボ ル タ | スリムチャック | コレット | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | TSV | max | 補正No. | 補正量 | 備考 | |
| | BT40-SC10-120 | SC10-6 | 日研工作所 | 4500 | 141 | 200 | 0.023 | | 1.0 | H16 | 143.2 | | |
| 刃 具 | NH形エドミル PM | スロアウェイソフ | 材質 SKH | 被削材 | | | | | | 工具マガジン番号 | | | T16 |
| | 1 x 6 | | 刃数 2 | | | | | | | | | | |
| | メ-カ 不二越 | | | | | | | | | | | | |



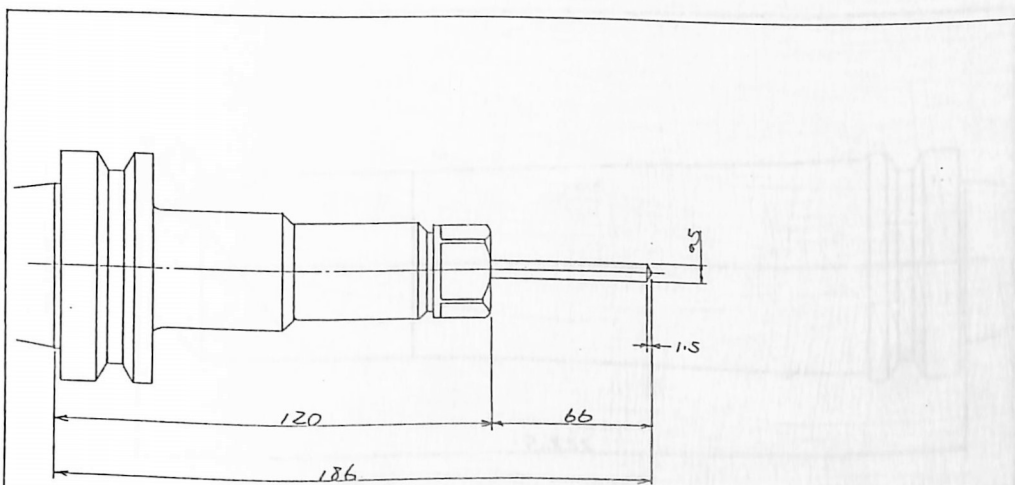
| ツ - リ ン グ | | | | 切 削 条 件 | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|----------------|--------|---------|---------|----------|----------|------|-----|-------|-------|----|-----|
| ボ ル タ | ボ-ソソフバ- (カバ-シキ A ガタ) | 角バ-ト | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | TSV | max | 補正No. | 補正量 | 備考 | |
| | BT40-BSA62-225 | S16-BA90-E12-L | 国際エタ | 270 | 61 | 27 | 0.01 | | 5.0 | H18 | 242.4 | | |
| 刃 具 | | スロアウェイソフ | 材質 K10 | 被削材 | | Fc25 | | 工夏バシ | | | | 番号 | 718 |
| | | ECM1120404G-L | 刃数 | | | | | | | | | | |
| | メ-カ 国際エタ | | | | | | | | | | | | |



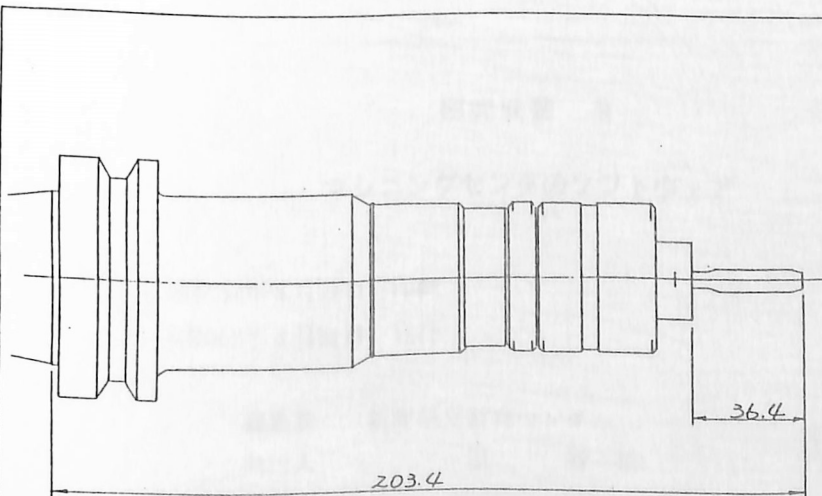
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----------|----------|-------|---------|----------|----------|------------|-----------|-------|-----|----|
| ホルダ | バイト | ドリルソケット | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/min | f mm/rev | ISV mm/min | max 1.7mm | 補正No. | 補正量 | 備考 |
| | サドロン7ホルダー(Bガタ) | | | | | | | | | | | |
| | BT40-SLB26-125 | カSA26-MT1 | 日研工研研 | 935 | 25 | 140 | 0.15 | | | H20 | 239 | |
| 刃具 | ホルステーパー | ドリル | スロアエリチップ | 材質 | SKH | | | | | | | |
| | 中8.5-MT1 | | | 刃数 | | 被削材 | FC25 | | 工具マガジン番号 | | T20 | |
| | メ-カ | | | | | | | | | | | |



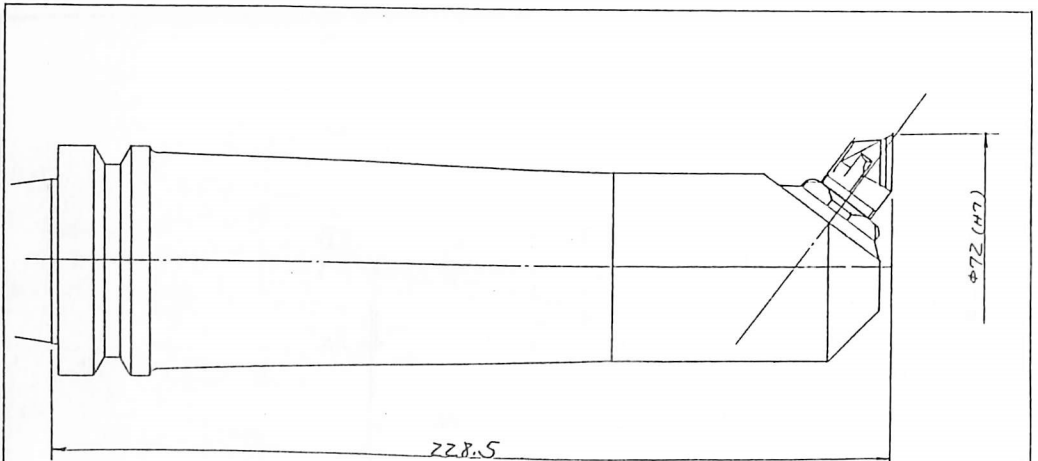
| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|---------|----------|----------|------------|-----------|-------|-------|----|
| ホルダ | ツ-17°ホルダー | ツ-17°コレット | メ-カ | N rpm | V m/min | F mm/min | f mm/rev | ISV mm/min | max 1.7mm | 補正No. | 補正量 | 備考 |
| BT40-F12-130 | SKN12-M10 | 日研工研研 | | 382 | 12 | 570 | 0.15 | | | H22 | 213.5 | |
| 刃具 | ツ-17° | スロアエリチップ | 材質 SKH | 被削材 | | FC25 | | 工具マガジン番号 | | T22 | | |
| M10xPL5 | | | 刃数 | | | | | | | | | |
| メ-カ | | | | | | | | | | | | |



| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|---------|-------|---------|----------|-------------|--------------|-------|-----|----|--|
| ホルダ | チップ | コレット | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/Rev | f mm, 1/Rev | max m/min | 補正No. | 補正量 | 備考 | |
| BT40-SC10-120 | SC10-5 | 日研工業 | 1600 | 25 | 160 | 0.1 | | | H24 | 186 | | |
| 刃具 | ストレートチップ | ストレートチップ | 材質 SKH4 | 被削材 | | Fe25 | 工具マガジン番号 | | T24 | | | |
| メ-カ | | | 刃数 | | | | | | | | | |



| ツ-リング | | | | 切削条件 | | | | | | | |
|-------|--------------|------------|--------|-------|---------|----------|----------|---------------|-------|-------|----|
| ホルダ | チップホルダー | チップコレット | メ-カ | N RPM | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | max mm/min | 補正No. | 補正量 | 備考 |
| 刃具 | BT40-212-130 | ZKN12-M6 | 日研工作所 | 435 | 8.0 | 425 | P40 | | H26 | 203.4 | |
| | チップ° | スロアウェイチップ° | 材質 SKH | | | | | | | | |
| | M6xP40 | | 刃数 | 被削材 | | FC25 | 工具マガジン番号 | | T26 | | |
| | メ-カ | | | | | | | | | | |



| ツ - リ ン グ | | | | 切 削 条 件 | | | | | | | |
|------------------|-----------|--------|--|---------|---------|----------|----------|-----------|------|-------|----|
| ホルダ | カートリッジ | メ-カ | | N TPIin | V m/min | F mm/rev | f mm/rev | max mm | 補正No | 補正量 | 備考 |
| BT40-BCA62-228.5 | M7AZNS | 国際工機 | | 530 | 120 | 37 | 0.07 | 0.25 | H28 | 228.5 | |
| 刃具 | スロアウェイチップ | 材質 K10 | | | | | | | | | |
| | TNMA-322 | 刃数 | | | | | | | | | |
| メ-カ 国際工機 | | | | 被削材 | | Fc25 | | 工具マガジン番号 | | T28 | |

注) 主軸装着時、刃先がY軸プラス方向に付くようにセットする。